

S.H.O.A. Pub. 3030

# MANUAL DE NAVEGACION

VOLUMEN I

3ª EDICION

1989



SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA  
CHILE



229 (S)

SITRIEMP S.A.  
CHILE

S.H.O.A. Pub. 3030

# MANUAL DE NAVEGACION

VOLUMEN I

SITRIEMP S.A.  
CHILE

3ª EDICION

1989



SERVICIO HIDROGRAFICO Y OCEANOGRAFICO DE LA ARMADA

CHILE

## P R E F A C I O

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile entrega a la publicidad la reimpresión de la tercera edición, 1989, del Manual de Navegación, Pub. SHOA N° 3030, volumen I; texto oficial de la Institución en esta materia y corregido con la inclusión de la "Fe de Erratas", adjunta a la versión anterior, y la eliminación del párrafo 1.05 "Glosario de Mareas y Corrientes".

Las materias en él tratadas, desarrollan en profundidad los aspectos afines que requiere un oficial, cuando se desempeña en el puente de mando de una nave, de modo que le permitan aplicar acertadamente los distintos métodos y procedimientos para obtener con exactitud la posición de su buque y con ello navegar en forma segura a su destino.

De esta manera, el Manual sirve particularmente para aquéllos que se inician en el estudio de la navegación y también es un texto de consulta y valiosa ayuda para los especialistas.

Este volumen explica minuciosamente la parte práctica de la navegación, con especial énfasis en la navegación costera, de estima y astronómica, junto con todos los elementos y ayudas que se requieren para conducir correctamente una nave.

Atendida la gran variedad de instrumental auxiliar de navegación en servicio y dada la rapidez con que la ciencia y la técnica avanzan en el desarrollo de nuevos sistemas de navegación, este tema sólo es tratado en forma general, con el objeto de entregar un concepto global de su funcionamiento. Un segundo volumen de este Manual, Pub. SHOA N° 3031, está destinado especialmente a dar a conocer, en la forma más completa posible, los sistemas de navegación electrónicos modernos, tales como: radar de navegación, loran, omega, satélites, inercial, etc.

Esta publicación, fruto de técnicos, especialistas y oficiales, que entregaron su esfuerzo, estudio y experiencia en la mar, ha sido preparada por el SHOA, y para ello se han consultado diferentes obras sobre el tema, como también la variada documentación que sobre estas materias poseen la Armada de Chile y el supradicho Servicio. Asimismo, contiene el Nuevo Sistema de Balizamiento Marítimo IALA, Región B, empleado en Chile.

Valparaíso, diciembre de 1992.

CARLOS BIDART JIMENEZ  
CAPITAN DE NAVIO  
DIRECTOR



## CONTENIDOS

| CAPITULOS :                                                                                                                             | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| I Definiciones y Simbología .....                                                                                                       | 27   |
| II Cartas de Navegación .....                                                                                                           | 45   |
| III Publicaciones Náuticas del SHOA .....                                                                                               | 69   |
| IV Compases de Navegación .....                                                                                                         | 75   |
| V Distancia Navegada .....                                                                                                              | 89   |
| VI El Sextante .....                                                                                                                    | 115  |
| VII Medición del Tiempo .....                                                                                                           | 139  |
| VIII Loxodrómica y Ortodrómica .....                                                                                                    | 159  |
| IX Navegación Costera y Pilotaje .....                                                                                                  | 205  |
| X Orto y Ocaso de Astros .....                                                                                                          | 271  |
| XI Identificación de Astros .....                                                                                                       | 279  |
| XII Navegación Astronómica .....                                                                                                        | 299  |
| XIII Desvíos .....                                                                                                                      | 373  |
| XIV Magnetismo .....                                                                                                                    | 387  |
| XV Compensación de Compases .....                                                                                                       | 419  |
| XVI Navegación Polar .....                                                                                                              | 471  |
| XVII Navegación en Botes Salvavidas .....                                                                                               | 491  |
| XVIII Teoría del Girocompás .....                                                                                                       | 507  |
|                                                                                                                                         |      |
| APENDICES :                                                                                                                             |      |
| "A" al "M" con tablas de conversión, medidas, equivalencias, escala del tiempo y mar, radiodemarkaciones y distancia al horizonte ..... | 535  |
|                                                                                                                                         |      |
| Símbolos Convencionales y Abreviaturas usadas en las cartas publicadas por la Armada de Chile.                                          |      |
|                                                                                                                                         |      |
| Resumen Gráfico del Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes.                                                               |      |

# INDICE

## CAPITULO I

### DEFINICIONES Y SIMBOLOGIA

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 1.00 Navegación y su clasificación .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | 27   |
| 1.01 Forma de la Tierra .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | 27   |
| 1.02 Definiciones en Astronomía Náutica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |
| Almicantarats - Altura verdadera de un astro - Amplitud de un astro - Angulo al Polo - Angulo al Zenit - Angulo Horario - Angulo Horario Sidéreo - Ascensión Recta - Antípoda de un lugar - Azimut verdadero de un astro - Círculo Artico - Círculo Antártico - Círculo Horario .....                                                                      | 28   |
| Coordenadas Horizontales de un astro - Coordenadas ecuatoriales o equinocciales - Coordenadas uranográficas - Culminación superior e inferior - Declinación de un astro - Diferencia de Latitud - Diferencia de Longitud - Día solar verdadero - Día solar medio - Día sidéreo - Distancia polar de un astro - Distancia zenital - Puntos cardinales ..... | 29   |
| Eclíptica - Ecuación del Tiempo - Ecuador celeste - Ecuador terrestre - Esfera celeste - Esfera oblicua - Esfera paralela - Esfera recta - Hora media lugar - Hora sidérea - Hora verdadera del lugar - Horizonte celeste .....                                                                                                                            | 30   |
| Latitud - Latitud media - Línea de los equinoccios - Longitud - Lugar - Meridianos celestes - Meridiano celeste de un observador - Meridiano de Greenwich - Meridianos terrestres - Meridiano del lugar - Nadir - Orto y ocaso de un astro - Paralelos - Polos terrestres - Polos celestes - Polo depreso - Polo elevado - Punto Vernal o Aries .....      | 31   |
| Punto Libra - Solsticios - Sol medio - Trópico de Cáncer - Trópico de Capricornio - Verticales - Vertical de un astro - Vertical principal - Vertical primario .....                                                                                                                                                                                       | 32   |
| Zenit - Relación entre el $AH\odot$ , $P\odot$ y la hora para un lugar determinado .....                                                                                                                                                                                                                                                                   | 33   |
| Ecuaciones fundamentales y gráficos representativos .....                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | 34   |
| 1.03 Abreviaturas y símbolos más usuales para el trabajo en la carta y en los cálculos de navegación .....                                                                                                                                                                                                                                                 | 37   |
| 1.04 Trabajo en la carta.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |      |
| Forma de indicar una derrota en la carta - una demarcación a un punto de tierra .....                                                                                                                                                                                                                                                                      | 40   |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| Cuando se cruce una enfilación - Forma de indicar una distancia -  |    |
| Indicar una situación por puntos de tierra .....                   | 41 |
| Indicar una situación por enfilación y otra demarcación - Forma de |    |
| indicar una demarcación transportada .....                         | 42 |
| Situación por recta transportada sin conocer la corriente - Por    |    |
| distancia transportada y demarcación .....                         | 43 |
| Por radar y radiogoniómetro - Una situación observada y plotada    |    |
| en la carta o en la carta plotting y forma de indicar una recta    |    |
| transportada .....                                                 | 44 |

## CAPITULO II

### CARTAS DE NAVEGACION

|                                                                       | Pág. |
|-----------------------------------------------------------------------|------|
| 2.00 Carta de navegación .....                                        | 45   |
| 2.01 Propiedades fundamentales .....                                  | 45   |
| 2.02 Datos que debe contener una carta de navegación .....            | 46   |
| 2.03 Sistemas de proyección .....                                     | 47   |
| 2.04 Proyección cilíndrica .....                                      | 48   |
| 2.05 Latitud aumentada .....                                          | 50   |
| 2.06 Proyección Mercátor .....                                        | 51   |
| 2.07 Construcción de una carta Mercátor .....                         | 53   |
| 2.08 Método gráfico .....                                             | 54   |
| 2.09 Método aproximado por tablas Bowditch .....                      | 55   |
| 2.10 Escalas en una carta .....                                       | 57   |
| 2.11 Escala de longitudes .....                                       | 57   |
| 2.12 Escala de latitudes y distancias .....                           | 57   |
| 2.13 Graduación de la escala marginal .....                           | 58   |
| 2.14 Escalas gráficas .....                                           | 58   |
| 2.15 Tamaño a que se confeccionan .....                               | 58   |
| 2.16 Situar un punto en la carta .....                                | 59   |
| 2.17 Dado un punto deducir sus coordenadas .....                      | 59   |
| 2.18 Sacar rumbos de la carta .....                                   | 59   |
| 2.19 Clasificación de la proyección Mercátor .....                    | 60   |
| 2.20 Proyección Mercátor transversal y oblicua .....                  | 60   |
| 2.21 Proyección gnomónica .....                                       | 61   |
| 2.22 Sacar rumbos en una carta gnomónica .....                        | 63   |
| 2.23 Sacar distancias en una carta gnomónica .....                    | 63   |
| 2.24 Derrota entre dos puntos, uno fuera del límite de la carta ..... | 64   |
| 2.25 Derrota cruzando el Ecuador .....                                | 64   |



|      |                                        |    |
|------|----------------------------------------|----|
| 2.26 | Trazado de una derrota compuesta ..... | 65 |
| 2.27 | Proyección policónica .....            | 65 |
| 2.28 | Proyección Lambert .....               | 66 |

### CAPITULO III

#### PUBLICACIONES NAUTICAS DEL SHOA

|      | Pág.                                                 |
|------|------------------------------------------------------|
| 3.00 | Introducción ..... 69                                |
| 3.01 | Cartas ..... 69                                      |
|      | Detalles de las cartas - Grado de confianza ..... 70 |
|      | Veriles - Deformaciones - Carta a emplear ..... 71   |
| 3.02 | La carta náutica internacional ..... 71              |
| 3.03 | Catálogo de cartas ..... 71                          |
| 3.04 | Derroteros ..... 72                                  |
| 3.05 | Lista de Faros ..... 72                              |
| 3.06 | Radioayudas a la Navegación ..... 73                 |
| 3.07 | Noticias a los Navegantes ..... 73                   |
| 3.08 | Tablas de Marea ..... 73                             |
| 3.09 | Tablas de Distancias ..... 74                        |
| 3.10 | Manuales y otras publicaciones ..... 74              |

### CAPITULO IV

#### COMPASES DE NAVEGACION

|                                                         | Pág. |
|---------------------------------------------------------|------|
| 4.00 Orientación o Dirección en la Tierra .....         | 75   |
| 4.01 Demarcación, Azimut y Rumbo .....                  | 75   |
| 4.02 El Compás Magnético .....                          | 75   |
| 4.03 Compás seco Thomson .....                          | 77   |
| 4.04 Compás líquido Chetwynd .....                      | 79   |
| 4.05 Rellenar un compás líquido .....                   | 79   |
| 4.06 Ventajas del compás líquido .....                  | 81   |
| 4.07 Clasificación de los compases .....                | 81   |
| 4.08 Sensibilidad y Estabilidad .....                   | 81   |
| 4.09 Graduación de las rosas .....                      | 82   |
| 4.10 Pasar de graduación sexagesimal a cuadrantal ..... | 82   |
| 4.11 Pasar de graduación cuadrantal a sexagesimal ..... | 82   |
| 4.12 Dirección de la proa .....                         | 82   |
| 4.13 Variación Magnética .....                          | 83   |
| 4.14 Desvío .....                                       | 83   |

|      |                                 |    |
|------|---------------------------------|----|
| 4.15 | Corrección de rumbos            | 85 |
| 4.16 | Abatimiento                     | 85 |
| 4.17 | Corrección del abatimiento      | 85 |
| 4.18 | Corrección de las demarcaciones | 86 |
| 4.19 | El Girocompás                   | 86 |
| 4.20 | Signo del desvío y del error    | 87 |
| 4.21 | Corrección total                | 87 |
| 4.22 | Demarcaciones relativas         | 87 |

## CAPITULO V

### DISTANCIA NAVEGADA

|                                                                                                             | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 5.00 Unidad de medida y métodos para obtener la distancia navegada .....                                    | 89   |
| 5.01 Distancia navegada por el tiempo .....                                                                 | 90   |
| 5.02 Distancia navegada por revoluciones de la hélice.<br>Resbalamiento .....                               | 90   |
| 5.03 Ejemplo de cálculo de resbalamiento en un tramo navegado ..                                            | 91   |
| 5.04 Determinar coeficientes de resbalamiento en función de las<br>R.P.M. ....                              | 92   |
| 5.05 Ejemplo para determinar el resbalamiento y coeficientes de resba-<br>lamiento en la milla medida ..... | 94   |
| 5.06 Distancia navegada por corredera .....                                                                 | 102  |
| 5.07 Correderas de remolque .....                                                                           | 102  |
| 5.08 Correderas con repetidor .....                                                                         | 103  |
| 5.09 Uso de la corredera de remolque .....                                                                  | 103  |
| 5.10 Modo de echar la corredera al agua .....                                                               | 104  |
| 5.11 Modo de recoger la corredera .....                                                                     | 104  |
| 5.12 Cuidados y conservación de las correderas de remolque .....                                            | 104  |
| 5.13 Causas que producen error en las correderas .....                                                      | 105  |
| 5.14 Desventajas de las correderas remolcadas .....                                                         | 105  |
| 5.15 Correderas de fondo .....                                                                              | 105  |
| 5.16 Corredera Chernikeeff .....                                                                            | 105  |
| 5.17 Corredera Pitometer .....                                                                              | 106  |
| 5.18 Corredera Bendix .....                                                                                 | 108  |
| 5.19 Corredera Electromagnética .....                                                                       | 108  |
| 5.20 Error de corredera .....                                                                               | 110  |
| 5.21 Coeficiente de corredera .....                                                                         | 110  |
| 5.22 Determinación del error y coeficiente de corredera .....                                               | 110  |
| 5.23 Modo de operar en la milla medida para determinar error y<br>coeficiente de la corredera .....         | 111  |
| 5.24 Determinación del error de la corredera en un tramo navegado                                           | 113  |
| 5.25 Distancia navegada por situación costera o astronómica .....                                           | 113  |

|                            |                                                                  |             |
|----------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------|
| <b>CAPITULO VI</b>         |                                                                  |             |
| <b>EL SEXTANTE</b>         |                                                                  |             |
|                            |                                                                  | <b>Pág.</b> |
| 6.00                       | Descripción .....                                                | 115         |
| 6.01                       | Teoría del sextante .....                                        | 116         |
| 6.02                       | Lectura del sextante .....                                       | 118         |
| 6.03                       | Errores del sextante .....                                       | 119         |
| 6.04                       | Errores ajustables .....                                         | 119         |
| 6.05                       | Errores no ajustables .....                                      | 123         |
| 6.06                       | Uso del sextante .....                                           | 124         |
| 6.07                       | Cuidados con el sextante .....                                   | 127         |
| 6.08                       | Precauciones antes de usar el sextante .....                     | 127         |
| 6.09                       | Correcciones a las alturas de astros tomados con sextantes ..... | 127         |
| 6.10                       | Error instrumental o de índice .....                             | 128         |
| 6.11                       | Refracción .....                                                 | 128         |
| 6.12                       | Horizontes .....                                                 | 129         |
| 6.13                       | Depresión .....                                                  | 130         |
| 6.14                       | Semidiámetro .....                                               | 131         |
| 6.15                       | Paralaje .....                                                   | 133         |
| 6.16                       | Correcciones de alturas en la mar .....                          | 134         |
| 6.17                       | Depresión en la línea de la costa .....                          | 137         |
| <b>CAPITULO VII</b>        |                                                                  |             |
| <b>MEDICION DEL TIEMPO</b> |                                                                  |             |
|                            |                                                                  | <b>Pág.</b> |
| 7.00                       | Día solar verdadero .....                                        | 139         |
| 7.01                       | Sol medio .....                                                  | 139         |
| 7.02                       | Ecuación del tiempo .....                                        | 140         |
| 7.03                       | Hora verdadera de un lugar .....                                 | 140         |
| 7.04                       | Hora media del lugar .....                                       | 140         |
| 7.05                       | Día sidéreo .....                                                | 140         |
| 7.06                       | Tiempo sidéreo u hora sidérea .....                              | 141         |
| 7.07                       | Día y Año Civil .....                                            | 142         |
| 7.08                       | Hora media de Greenwich .....                                    | 142         |
| 7.09                       | Diferencia horaria entre dos lugares de diferente longitud ..... | 142         |
| 7.10                       | Diagrama de la hora .....                                        | 142         |



|      |                                                                 |     |
|------|-----------------------------------------------------------------|-----|
| 7.11 | Zonas y husos horarios                                          | 143 |
| 7.12 | Hora zona de un lugar                                           | 144 |
| 7.13 | Zona de un lugar                                                | 144 |
| 7.14 | Determinar valor de la zona a un lugar                          | 145 |
| 7.15 | Determinar la HmGr conociendo la Hzl y Zh del lugar y viceversa | 145 |
| 7.16 | Adelanto o atraso de la hora con el cambio de longitud          | 145 |
| 7.17 | Cambios de hora en navegación                                   | 146 |
| 7.18 | La fecha y el meridiano 180°                                    | 147 |
| 7.19 | Hora estándar u oficial                                         | 147 |
| 7.20 | Interconversión de horas                                        | 148 |
| 7.21 | Sistema universal coordinado de tiempo                          | 149 |
| 7.22 | Cronómetros                                                     | 149 |
| 7.23 | Transporte de los cronómetros                                   | 150 |
| 7.24 | Instalación de los cronómetros a bordo                          | 151 |
| 7.25 | Dar cuerda a un cronómetro                                      | 151 |
| 7.26 | Poner en marcha un cronómetro                                   | 151 |
| 7.27 | Causas que producen variaciones en la marcha de los cronómetros | 152 |
| 7.28 | Cronómetros a cristal de cuarzo                                 | 152 |
| 7.29 | Estados absolutos                                               | 153 |
| 7.30 | Determinación del Ea. por radiotelegrafía                       | 153 |
| 7.31 | Señal horaria del SHOA                                          | 154 |
| 7.32 | Sistemas empleados                                              | 154 |
| 7.33 | Transmisión por intermedio de radioemisoras comerciales         | 155 |
| 7.34 | Marcha de un cronómetro                                         | 155 |
| 7.35 | Modo de operar con épocas                                       | 155 |
| 7.36 | Ejemplo de cálculo de marcha                                    | 156 |
| 7.37 | Estado Absoluto exacto en cualquier momento                     | 156 |
| 7.38 | Comparadores                                                    | 157 |
| 7.39 | Comparación                                                     | 158 |
| 7.40 | Entrega de cronómetros y comparadores                           | 158 |
| 7.41 | Cuidados del cronómetro a bordo                                 | 158 |

## CAPITULO VIII

### LOXODROMICA Y ORTODROMICA

|                                                                        | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------|------|
| 8.00 Definiciones y propiedades                                        | 159  |
| 8.01 Loxodrómica                                                       | 159  |
| 8.02 Método gráfico o de la carta                                      | 160  |
| 8.03 Método analítico de estima                                        | 161  |
| 8.04 Cálculo por el método analítico (loxodrómica menor de 600 millas) | 163  |
| 8.05 Tabla del punto o de estima                                       | 165  |

|      |                                                                                 |     |
|------|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 8.06 | Casos especiales                                                                | 167 |
| 8.07 | Dado el punto de salida y de llegada, calcular la loxodrómica                   | 168 |
| 8.08 | Loxodrómicas mayores de 600 millas                                              | 169 |
| 8.09 | Calcular el punto estimado en distancias mayores de 600 millas                  | 171 |
| 8.10 | Tabla N° 3 de Bowditch                                                          | 172 |
| 8.11 | Corrientes                                                                      | 174 |
| 8.12 | Deducción de la corriente en la singladura                                      | 179 |
| 8.13 | Ortodrómica                                                                     | 179 |
| 8.14 | Cartas gnomónicas                                                               | 181 |
| 8.15 | Cálculo de una ortodrómica                                                      | 181 |
| 8.16 | Coordenadas del vértice                                                         | 183 |
| 8.17 | Determinación de varios puntos de la ortodrómica                                | 185 |
| 8.18 | Navegación mixta o compuesta (paralelo de seguridad)                            | 187 |
| 8.19 | Resolución de la ortodrómica por tabla H. O. 211, Ageton (tabla 35 de Bowditch) | 192 |
| 8.20 | Cálculo del rumbo inicial y de la distancia ortodrómica                         | 193 |
| 8.21 | Coordenadas del vértice                                                         | 194 |
| 8.22 | Puntos en la ortodrómica                                                        | 196 |
| 8.23 | Navegación mixta o compuesta                                                    | 199 |
| 8.24 | Trazado de la derrota compuesta por método Ageton                               | 199 |
| 8.25 | Ortodrómica por tabla H. O. 214                                                 | 201 |
| 8.26 | Ortodrómica por tabla H. O. 229                                                 | 203 |

## CAPITULO IX

### NAVEGACION COSTERA Y PILOTAJE

|                                                                                                                   | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 9.01 Navegación en las cercanías de la costa .....                                                                | 205  |
| 9.02 Demarcación o marcación .....                                                                                | 206  |
| 9.03 Situación por demarcaciones .....                                                                            | 206  |
| 9.04 Demarcación de comprobación .....                                                                            | 206  |
| 9.05 Elección de los puntos a demarcar .....                                                                      | 207  |
| 9.06 Situación por marcación y ángulo .....                                                                       | 207  |
| 9.07 Situación por enfilación y demarcación .....                                                                 | 208  |
| 9.08 Navegar una enfilación .....                                                                                 | 208  |
| 9.09 Navegar siguiendo una demarcación .....                                                                      | 209  |
| 9.10 Situación por demarcación y distancia .....                                                                  | 209  |
| 9.11 Medición de distancias con el sextante y otros instrumentos ...                                              | 209  |
| 9.12 Situación por marcación y sonda .....                                                                        | 209  |
| 9.13 Situación por dos demarcaciones a un mismo punto con intervalo navegado .....                                | 210  |
| 9.14 Situación por dos demarcaciones a un mismo punto con intervalo, considerando el efecto de la corriente ..... | 211  |

|      |                                                                                                                    |     |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 9.15 | Situación por dos demarcaciones a un mismo punto con intervalo navegado, y cambio de rumbo entre las demarcaciones | 211 |
| 9.16 | Situación por demarcaciones a distintos puntos, con intervalo navegado                                             | 213 |
| 9.17 | Situación por demarcaciones a distintos puntos con intervalo navegado y cambio de rumbo                            | 213 |
| 9.18 | Uso de una demarcación                                                                                             | 213 |
| 9.19 | Uso de una demarcación y recta de altura                                                                           | 215 |
| 9.20 | Métodos especiales de situación                                                                                    | 215 |
| 9.21 | Marcación peligrosa                                                                                                | 217 |
| 9.22 | Angulos peligrosos                                                                                                 | 217 |
| 9.23 | Características tácticas y su empleo                                                                               | 219 |
| 9.24 | Faros                                                                                                              | 223 |
| 9.25 | Característica de la luz de los Faros, color y potencia luminosa                                                   | 223 |
| 9.26 | Sectores de visibilidad                                                                                            | 223 |
| 9.27 | Distancia al horizonte                                                                                             | 224 |
| 9.28 | Alcance de los Faros                                                                                               | 224 |
| 9.29 | Cálculo de la visibilidad de un Faro                                                                               | 226 |
| 9.30 | Sistema de balizamiento empleado en Chile                                                                          | 227 |
| 9.31 | Nuevo Sistema de Balizamiento Marítimo Nacional                                                                    | 227 |
| 9.32 | Buques - Faros                                                                                                     | 241 |
| 9.33 | Boyas luminosas                                                                                                    | 241 |
| 9.34 | Señales de niebla                                                                                                  | 241 |
| 9.35 | Radiofaros                                                                                                         | 242 |
| 9.36 | Recomendaciones y normas generales de navegación en las cercanías de la costa                                      | 243 |
| 9.37 | Radiogoniometría                                                                                                   | 257 |
| 9.38 | El Radar de navegación                                                                                             | 268 |

## CAPITULO X

### ORTO Y OCASO DE ASTROS

|       |                                                                       |      |
|-------|-----------------------------------------------------------------------|------|
|       |                                                                       | Pág. |
| 10.00 | Concepto astronómico                                                  | 271  |
| 10.01 | Cálculo de la hora del orto y ocaso del sol por almanaque náutico     | 272  |
| 10.02 | Uso de la tabla 1 del almanaque náutico (corrección por latitud)      | 273  |
| 10.03 | Aurora y crepúsculo                                                   | 273  |
| 10.04 | Duración del crepúsculo                                               | 274  |
| 10.05 | Cálculo de la hora del comienzo de la aurora y término del crepúsculo | 275  |
| 10.06 | Orto y ocaso de la luna                                               | 275  |



|       |                                                           |     |
|-------|-----------------------------------------------------------|-----|
| 10.07 | Cálculo del orto y ocaso de la luna por almanaque náutico | 276 |
| 10.08 | Cálculo de la obscuridad                                  | 277 |
| 10.09 | Tablas SHOA de salidas y puestas de Sol y Luna            | 278 |

## CAPITULO XI

### IDENTIFICACION DE ASTROS

|                                                                    | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------|------|
| 11.00 Necesidad de la identificación                               | 279  |
| 11.01 Magnitud de las estrellas                                    | 279  |
| 11.02 Diferencias entre estrellas y planetas                       | 280  |
| 11.03 Constelaciones                                               | 280  |
| 11.04 Constelación "Osa Mayor"                                     | 281  |
| 11.05 Constelación "Orión"                                         | 282  |
| 11.06 Constelación "Cruz del Sur"                                  | 282  |
| 11.07 Identificación rápida de las estrellas usadas en navegación  | 283  |
| 11.08 Otros métodos de identificación de astros                    | 284  |
| 11.09 Cálculo del AHL $\gamma$ para identificar                    | 285  |
| 11.10 Identificar con el globo estelar                             | 288  |
| 11.11 Identificar por almanaque náutico                            | 289  |
| 11.12 Identificador H. O. 2102 - D                                 | 290  |
| 11.13 Uso del identificador H. O. 2102 - D                         | 290  |
| 11.14 Método de distancias angulares para identificar estrellas    | 292  |
| 11.15 Identificación de un astro en el meridiano                   | 296  |
| 11.16 Identificación de estrellas por tablas H. O. 214 y H. O. 229 | 297  |

## CAPITULO XII

### NAVEGACION ASTRONOMICA

|                                                                                                      | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 12.00 Situación astronómica .....                                                                    | 299  |
| 12.01 Posición geográfica de un astro .....                                                          | 300  |
| 12.02 Ejemplo de cálculo de posición geográfica de un astro .....                                    | 302  |
| 12.03 Curvas de altura .....                                                                         | 302  |
| 12.04 Rectas de altura .....                                                                         | 302  |
| 12.05 Elementos que determinan una recta de altura (Métodos de Borda, Lalande y Saint-Hilaire) ..... | 304  |

|       |                                                                                                      |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 12.06 | Comparación de los tres métodos                                                                      | 306 |
| 12.07 | Método Saint-Hilaire o del Intercepto                                                                | 306 |
| 12.08 | Cálculo de la altura y azimut de un astro                                                            | 310 |
| 12.09 | Tabla H. O. 214                                                                                      | 310 |
| 12.10 | Corrección por $\Delta d$                                                                            | 311 |
| 12.11 | Corrección por $\Delta t$                                                                            | 312 |
| 12.12 | Corrección por $\Delta L$                                                                            | 312 |
| 12.13 | Cálculo de la recta por tabla H. O. 214                                                              | 313 |
| 12.14 | Cálculo de la situación por rectas de alturas o de posición                                          | 315 |
| 12.15 | Situación por dos rectas observadas casi simultáneas                                                 | 315 |
| 12.16 | Situación por dos rectas con intervalo navegado entre ellas                                          | 317 |
| 12.17 | Situación por tres rectas                                                                            | 320 |
| 12.18 | Gráfico transportando las rectas                                                                     | 323 |
| 12.19 | Recomendaciones generales para observaciones al crepúsculo                                           | 328 |
| 12.20 | Utilidad de una sola recta                                                                           | 328 |
| 12.21 | Errores en las rectas de alturas                                                                     | 330 |
| 12.22 | Descripción y uso de la tabla H. O. 249                                                              | 332 |
| 12.23 | Descripción y uso de la tabla H. O. 229                                                              | 336 |
| 12.24 | Meridianas                                                                                           | 337 |
| 12.25 | Paso de un astro por el meridiano superior e inferior                                                | 337 |
| 12.26 | Altura máxima                                                                                        | 338 |
| 12.27 | Hora de la Meridiana                                                                                 | 339 |
| 12.28 | Cálculo de la hora meridiana de sol (método ecuación del tiempo, ángulo horario de Greenwich y Todd) | 339 |
| 12.29 | Hora meridiana de estrellas por método AHGr $\Upsilon$                                               | 344 |
| 12.30 | Hora meridiana paso inferior de estrellas. Método AHGr $\Upsilon$                                    | 345 |
| 12.31 | Hora meridiana de los planetas. (Métodos AHGr $\Upsilon$ , Hml, y AHGr del planeta)                  | 345 |
| 12.32 | Paso de la luna por el meridiano. (Método Almanaque Náutico)                                         | 346 |
| 12.33 | Paso de la luna por el meridiano. (Método AHGr $\mathbb{C}$ , y por Longitudes)                      | 348 |
| 12.34 | Astros que cruzan el meridiano en un cierto lapso                                                    | 350 |
| 12.35 | Cálculo de la latitud (por meridiana de un astro, por circunmeridianas y por la estrella polar)      | 351 |
| 12.36 | Modo de observar la estrella polar                                                                   | 356 |
| 12.37 | Punto al mediodía por recta AM y meridiana de sol                                                    | 356 |
| 12.38 | Punto por circunmeridiana de sol                                                                     | 360 |
| 12.39 | La circunmeridiana usada como recta                                                                  | 362 |
| 12.40 | Circunstancia favorable para observar una recta                                                      | 362 |
| 12.41 | Cálculo de la hora del cruce de un astro por el vertical primario, por tablas H. O. 71 y 120         | 363 |
| 12.42 | Cálculo del cruce de un astro por el vertical primario por tabla H. O. 214                           | 364 |
| 12.43 | Situación por circunzenitales                                                                        | 365 |
| 12.44 | Determinación de la longitud por observación a ambos lados del meridiano                             | 369 |

## CAPITULO XIII

## DESVIOS

|                                                                                                                    | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 13.00 Características .....                                                                                        | 373  |
| 13.01 Ejemplos .....                                                                                               | 373  |
| 13.02 Métodos para determinar desvíos .....                                                                        | 374  |
| 13.03 Desvíos por azimut de sol o astros .....                                                                     | 374  |
| 13.04 Tablas de Azimut .....                                                                                       | 374  |
| 13.05 Cálculo del azimut de un astro por tablas .....                                                              | 374  |
| 13.06 Uso de la tabla Roja .....                                                                                   | 375  |
| 13.07 Cálculo del desvío por azimut de sol usando la tabla Roja ....                                               | 376  |
| 13.08 Cálculo del desvío por azimut de planeta usando la tabla Roja                                                | 376  |
| 13.09 La tabla Azul .....                                                                                          | 377  |
| 13.10 Uso de la tabla Azul cuando L y D son del mismo signo .....                                                  | 377  |
| 13.11 Uso de la tabla Azul cuando L y D son de distintos signos .....                                              | 377  |
| 13.12 Ejemplo de cálculo de desvío por azimut de estrella .....                                                    | 378  |
| 13.13 Otro ejemplo. Determinar el error del girocompás .....                                                       | 378  |
| 13.14 Azimut por la tabla N° 214 .....                                                                             | 379  |
| 13.15 Uso de las tablas 214 y 229 para determinar azimut verdadero en<br>el cálculo de desvíos .....               | 379  |
| 13.16 Ejemplo de cálculo de desvío por azimut de un astro por tabla<br>N° 214 .....                                | 379  |
| 13.17 Azimut por la tabla N° 249 .....                                                                             | 380  |
| 13.18 Desvío por enfilaciones .....                                                                                | 380  |
| 13.19 Desvío por demarcaciones recíprocas .....                                                                    | 380  |
| 13.20 Desvío por demarcaciones a un objeto lejano .....                                                            | 381  |
| 13.21 Desvíos por comparación con el girocompás .....                                                              | 382  |
| 13.22 Desvío por amplitud al orto y ocaso .....                                                                    | 383  |
| 13.23 Ejemplo de cálculo de desvío por amplitud al ocaso del sol, usando<br>tablas 27 y 28 de Bowditch .....       | 384  |
| 13.24 Ejemplo de cálculo de desvío con estrella, por amplitud al ocaso,<br>usando tablas 27 y 28 de Bowditch ..... | 384  |
| 13.25 Otra forma de usar las tablas N° 27 y 28 .....                                                               | 384  |
| 13.26 Caso de la tabla Roja .....                                                                                  | 385  |



## CAPITULO XIV

## MAGNETISMO

|                                                                                            | Pág. |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 14.00 Imanes y características .....                                                       | 387  |
| 14.01 Campo magnético .....                                                                | 388  |
| 14.02 Inducción .....                                                                      | 388  |
| 14.03 Pérdida por permeabilidad .....                                                      | 389  |
| 14.04 Tipos de fierro .....                                                                | 389  |
| 14.05 Teoría del magnetismo .....                                                          | 389  |
| 14.06 Magnetismo terrestre .....                                                           | 390  |
| 14.07 Inclinação magnética .....                                                           | 391  |
| 14.08 Intensidad de las líneas de fuerzas terrestre .....                                  | 391  |
| 14.09 Variación magnética .....                                                            | 392  |
| 14.10 Cambios en la variación magnética .....                                              | 392  |
| 14.11 Publicaciones que indican la variación magnética e intensidad .....                  | 392  |
| 14.12 Perturbaciones locales .....                                                         | 392  |
| 14.13 Magnetismo de un buque .....                                                         | 392  |
| 14.14 Magnetismo permanente de un buque .....                                              | 393  |
| 14.15 Componente longitudinal "P" .....                                                    | 395  |
| 14.16 Corrección de "P" .....                                                              | 396  |
| 14.17 Componente transversal "Q" .....                                                     | 396  |
| 14.18 Corrección de "Q" .....                                                              | 398  |
| 14.19 Componente vertical "R" .....                                                        | 398  |
| 14.20 Corrección de "R" .....                                                              | 398  |
| 14.21 Efecto del cambio en latitud magnética en los desvíos causados por<br>P, Q y R ..... | 399  |
| 14.22 Proa de construcción .....                                                           | 399  |
| 14.23 Magnetismo inducido .....                                                            | 399  |
| 14.24 Valor y signos de los parámetros .....                                               | 400  |
| 14.25 Efectos de los parámetros en el compás .....                                         | 401  |
| 14.26 Parámetro "a" .....                                                                  | 402  |
| 14.27 Desvío debido al parámetro "-a" .....                                                | 402  |
| 14.28 Parámetro "e" .....                                                                  | 403  |
| 14.29 Desvío debido al parámetro "-e" .....                                                | 403  |
| 14.30 Efecto combinado de los parámetros "-a" y "-e" .....                                 | 403  |
| 14.31 Corrección de "-a" y "-e" .....                                                      | 405  |
| 14.32 Parámetro "c" .....                                                                  | 405  |
| 14.33 Desvío debido al parámetro "-c" .....                                                | 406  |
| 14.34 Corrección del parámetro "-c" .....                                                  | 407  |
| 14.35 Parámetros que afectan a un compás instalado fuera de la línea<br>de quilla .....    | 408  |

|       |                                                                                        |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 14.36 | Signos de los parámetros para un compás situado a estribor de la línea de quilla ..... | 408 |
| 14.37 | Signos de los parámetros para un compás situado a babor de la línea de quilla .....    | 409 |
| 14.38 | Parámetro "+b" .....                                                                   | 409 |
| 14.39 | Desvío debido al parámetro "+b" .....                                                  | 409 |
| 14.40 | Parámetro "+d" .....                                                                   | 410 |
| 14.41 | Desvío debido al parámetro "+d" .....                                                  | 410 |
| 14.42 | Efecto combinado de los parámetros "+b" y "+d" .....                                   | 410 |
| 14.43 | Corrección del desvío cuadrantal causado por "+b" y "+d" ..                            | 411 |
| 14.44 | Corrección de parte de los parámetros "b" y "d" .....                                  | 412 |
| 14.45 | Efecto del cambio de latitud en la desviación causada por "b" y "d" .....              | 412 |
| 14.46 | Parámetro "f" .....                                                                    | 412 |
| 14.47 | Corrección del desvío causado por "f" .....                                            | 412 |
| 14.48 | Efecto del cambio de latitud en el desvío causado por el parámetro "f" .....           | 413 |
| 14.49 | Parámetro "k" .....                                                                    | 413 |
| 14.50 | Magnetismo subpermanente .....                                                         | 413 |
| 14.51 | Cuando debe esperarse magnetismo subpermanente .....                                   | 414 |
| 14.52 | Efecto del cambio de latitud en el magnetismo subpermanente .....                      | 414 |
| 14.53 | Efectos combinados de todas las causas de desvíos .....                                | 414 |
| 14.54 | Fuerza directriz .....                                                                 | 415 |
| 14.55 | Determinación de $\lambda$ (lambda) .....                                              | 416 |
| 14.56 | Instrumento o aguja para determinar $\lambda$ .....                                    | 417 |

## CAPITULO XV

### COMPENSACION DE COMPASES

|                                                                                          | Pág. |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| 15.00 Contrarrestar los desvíos .....                                                    | 419  |
| 15.01 Fórmula del desvío total .....                                                     | 421  |
| 15.02 Análisis de los desvíos .....                                                      | 422  |
| 15.03 Cálculo de los coeficientes aproximados a ocho proas equidistantes .....           | 422  |
| 15.04 Cálculo de los coeficientes exactos .....                                          | 423  |
| 15.05 Cálculo de $\lambda$ media .....                                                   | 423  |
| 15.06 Determinación de los coeficientes aproximados en el formulario reglamentario ..... | 424  |
| 15.07 Estudio de los coeficientes. Coeficiente "A" .....                                 | 425  |
| 15.08 Valores de "A" en la práctica .....                                                | 427  |
| 15.09 Corrección de "A" .....                                                            | 427  |
| 15.10 Determinación de la Variación Magnética .....                                      | 428  |



|       |                                                                                                                                                                  |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.11 | Coefficiente "B"                                                                                                                                                 | 428 |
| 15.12 | Corrección del coeficiente "B"                                                                                                                                   | 428 |
| 15.13 | Determinar el valor de "P" y "c"                                                                                                                                 | 429 |
| 15.14 | Método diagrama de Perrins para determinar "P" y "c"                                                                                                             | 430 |
| 15.15 | Determinar "P" y "c" por método U.S.N.                                                                                                                           | 432 |
| 15.16 | Ejemplo para determinar el valor de "P" y "c" (método U.S.N.)                                                                                                    | 432 |
| 15.17 | Casos especiales                                                                                                                                                 | 433 |
| 15.18 | Coefficiente "C"                                                                                                                                                 | 433 |
| 15.19 | Corrección del coeficiente "C"                                                                                                                                   | 433 |
| 15.20 | Determinar los valores de "Q" y "f"                                                                                                                              | 434 |
| 15.21 | Método diagrama de Perrins para separar "Q" y "f"                                                                                                                | 434 |
| 15.22 | Determinación de "Q" y "f". Método U.S.N.                                                                                                                        | 435 |
| 15.23 | Casos especiales                                                                                                                                                 | 435 |
| 15.24 | Coefficiente "D"                                                                                                                                                 | 435 |
| 15.25 | Corrección del coeficiente "D"                                                                                                                                   | 435 |
| 15.26 | Coefficiente "E"                                                                                                                                                 | 435 |
| 15.27 | Corrección del coeficiente "E"                                                                                                                                   | 436 |
| 15.28 | Corrección del desvío semi-circular en un compás instalado a una banda                                                                                           | 436 |
| 15.29 | Ejemplo de corrección del desvío semi-circular en un compás instalado a una banda y que tiene Flindes colocado (método U.S.N.) en el caso que exista "f"         | 437 |
| 15.30 | Ejemplo de giro de barra Flinders (trabajando en radianes)                                                                                                       | 438 |
| 15.31 | Corrección del desvío cuadrantal en un compás instalado a la banda, sin esferas colocadas                                                                        | 438 |
| 15.32 | Giro de las esferas                                                                                                                                              | 439 |
| 15.33 | Ejemplo de corrección del desvío cuadrantal, en un compás instalado a la banda estando con esferas colocadas de babor a estribor                                 | 439 |
| 15.34 | Ejemplo de corrección del desvío cuadrantal, en un compás instalado a la banda y estando con esferas colocadas en ángulo al plano transversal (babor - estribor) | 440 |
| 15.35 | Error de Escora                                                                                                                                                  | 441 |
| 15.36 | Efecto de la componente "R"                                                                                                                                      | 442 |
| 15.37 | Buques contruidos en el Hemisferio Norte y Sur                                                                                                                   | 443 |
| 15.38 | Efecto del parámetro "k"                                                                                                                                         | 443 |
| 15.39 | Variación del esfuerzo horizontal causado por "R" y "k"                                                                                                          | 444 |
| 15.40 | Parámetro " $e_2$ "                                                                                                                                              | 444 |
| 15.41 | Parámetro " $-a_2$ "                                                                                                                                             | 445 |
| 15.42 | Parámetro "g"                                                                                                                                                    | 445 |
| 15.43 | Parámetro "c"                                                                                                                                                    | 445 |
| 15.44 | Resumen general del error de escora                                                                                                                              | 445 |
| 15.45 | Coefficiente de escora "J"                                                                                                                                       | 445 |
| 15.46 | Fórmula del error de escora                                                                                                                                      | 445 |
| 15.47 | Cálculo del Coef. "J"                                                                                                                                            | 445 |
| 15.48 | Factor del buque o coeficiente $\mu$ (Miu)                                                                                                                       | 445 |
| 15.49 | Determinación de $\mu$ por método de las oscilaciones                                                                                                            | 446 |



|       |                                                                             |     |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------|-----|
| 15.50 | Corrección del error de escora                                              | 446 |
| 15.51 | Métodos prácticos de corrección de escora                                   | 446 |
| 15.52 | Método teórico para corregir el error de escora                             | 447 |
| 15.53 | Balanza de escora                                                           | 447 |
| 15.54 | Teoría de la balanza                                                        | 447 |
| 15.55 | Constante de la balanza                                                     | 448 |
| 15.56 | Uso de la balanza de escora                                                 | 448 |
| 15.57 | Ejemplo de cálculo de la constante                                          | 449 |
| 15.58 | Ejemplo de cálculo de la graduación en que deberá colocarse el peso a bordo | 449 |
| 15.59 | Otro ejemplo                                                                | 449 |
| 15.60 | Efectos de los imanes verticales sobre la barra Flinders                    | 449 |
| 15.61 | Principios generales sobre la colocación de los correctores                 | 450 |
| 15.62 | Pruebas de sensibilidad y estabilidad de las rosas                          | 451 |
| 15.63 | Período de las rosas                                                        | 452 |
| 15.64 | Certificado de las rosas                                                    | 453 |
| 15.65 | Ejemplos de períodos de rosas                                               | 454 |
| 15.66 | Práctica de la compensación                                                 | 455 |
| 15.67 | Precauciones que deben tomarse antes de compensar o de observar desvíos     | 457 |
| 15.68 | Compensar                                                                   | 457 |
| 15.69 | Construcción de la curva de azimut                                          | 457 |
| 15.70 | Método y orden de trabajo para compensar                                    | 460 |
| 15.71 | Compensación práctica                                                       | 462 |
| 15.72 | Determinar los desvíos del compás de gobierno                               | 462 |
| 15.73 | Tablas para corregir Flinders y esferas                                     | 463 |
| 15.74 | Resumen general del magnetismo y compensación                               | 469 |

## CAPITULO XVI

### NAVEGACION POLAR

|       |                                      |      |
|-------|--------------------------------------|------|
|       |                                      | Pág. |
| 16.00 | Las áreas polares                    | 471  |
| 16.01 | El concepto polar                    | 471  |
| 16.02 | Cartas                               | 473  |
| 16.03 | Dirección                            | 475  |
| 16.04 | Posición                             | 479  |
| 16.05 | Orto y ocaso del sol y la luna       | 486  |
| 16.06 | Derroteros y otras publicaciones     | 488  |
| 16.07 | Planificación                        | 488  |
| 16.08 | La navegación terrestre de vehículos | 489  |

## CAPITULO XVII

## NAVEGACION EN BOTES SALVAVIDAS

|                                                | Pág. |
|------------------------------------------------|------|
| 17.00 Generalidades                            | 491  |
| 17.01 Equipo de navegación en botes salvavidas | 491  |
| 17.02 Al abandonar el buque                    | 492  |
| 17.03 En la embarcación                        | 492  |
| 17.04 Travesía                                 | 493  |
| 17.05 Estima de la navegación                  | 493  |
| 17.06 Tabla de estima                          | 494  |
| 17.07 Ejemplo                                  | 495  |
| 17.08 Dirección                                | 495  |
| 17.09 Velocidad                                | 496  |
| 17.10 Medición de alturas de astros            | 496  |
| 17.11 Corrección de la altura observada        | 500  |
| 17.12 Líneas de posición                       | 501  |
| 17.13 Determinación de la latitud              | 501  |
| 17.14 Determinar la declinación del sol        | 502  |
| 17.15 Determinación de la longitud             | 503  |

## CAPITULO XVIII

## TEORIA DEL GIROCOMPAS

|                                                         | Pág. |
|---------------------------------------------------------|------|
| 18.00 Definición                                        | 507  |
| 18.01 Ventajas del girocompás sobre el compás magnético | 507  |
| 18.02 Desventajas del girocompás                        | 508  |
| 18.03 Fenómeno elemental del trompo                     | 508  |
| 18.04 Giroscopio elemental                              | 509  |
| 18.05 Momento angular                                   | 510  |
| 18.06 Propiedades giroscópicas                          | 510  |
| 18.07 Rigidez o inercia giroscópica                     | 510  |
| 18.08 Rotación aparente                                 | 511  |
| 18.09 Ley de rotación aparente                          | 513  |
| 18.10 Posición de reposo                                | 513  |
| 18.11 Diagrama polar                                    | 514  |
| 18.12 Fuerzas lineales                                  | 515  |

|       |                                                                                  |     |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 18.13 | Fuerzas angulares .....                                                          | 515 |
| 18.14 | Precesión .....                                                                  | 517 |
| 18.15 | Ley de precesión .....                                                           | 518 |
| 18.16 | Precesión continua .....                                                         | 518 |
| 18.17 | Fuerzas combinadas .....                                                         | 518 |
| 18.18 | Supresión de libertad alrededor de un eje .....                                  | 519 |
| 18.19 | Propiedades fundamentales de un girocompás .....                                 | 519 |
| 18.20 | Balístico de mercurio .....                                                      | 519 |
| 18.21 | Amortiguamiento .....                                                            | 522 |
| 18.22 | Pivote excéntrico .....                                                          | 523 |
| 18.23 | Resumen de la orientación .....                                                  | 524 |
| 18.24 | Errores del girocompás .....                                                     | 525 |
| 18.25 | Error por tangente de la latitud .....                                           | 526 |
| 18.26 | Error de latitud, velocidad y rumbo .....                                        | 526 |
| 18.27 | Corrección del error de latitud, velocidad y rumbo .....                         | 528 |
| 18.28 | Error por deflexión balística .....                                              | 528 |
| 18.29 | Error debido al amortiguamiento balístico .....                                  | 529 |
| 18.30 | Efecto del balance y cabeceo del buque - Traslación pendular ...                 | 530 |
| 18.31 | Fuerzas centrífugas .....                                                        | 530 |
| 18.32 | Fuerzas de aceleración .....                                                     | 531 |
| 18.33 | Análisis de algunos ajustes para la posición de reposo del giro-<br>compás ..... | 532 |
| 18.34 | Efectos de un peso desbalanceado en la tapa Norte de la caja del<br>rotor .....  | 532 |
| 18.35 | Efectos de un peso desbalanceado en una caja del balístico ..                    | 533 |



## C A P E N D I C E S

### DEFINICIONES Y SIMBOLOGIA

|                                                                                                                         | Pág. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| "A" Longitud en mm. de una milla náutica según las escalas de las cartas del SHOA .....                                 | 537  |
| "B" Conversión de yardas a metros .....                                                                                 | 538  |
| "C" Conversión de pies a metros .....                                                                                   | 539  |
| "D" Conversión de brazas a metros .....                                                                                 | 540  |
| "E" Conversión de millas náuticas a kilómetros y vice-versa .....                                                       | 541  |
| "F" Conversión de arco a tiempo .....                                                                                   | 542  |
| "G" Medidas y equivalencias .....                                                                                       | 543  |
| "H" Escala y medición del tiempo y mar .....                                                                            | 549  |
| "I" Conversión de radiodemarkaciones .....                                                                              | 550  |
| "J" Distancia al horizonte .....                                                                                        | 552  |
| "K" Conversión de milímetros a milibares .....                                                                          | 553  |
| "L" Conversión de grados centígrados a Fahrenheit ....                                                                  | 554  |
| "M" Conversión de milímetros a pulgadas de mercurio ..                                                                  | 555  |
| <br>Carta SHOA N° 1 Símbolos Convencionales y Abreviaturas usadas en las cartas publicadas por la Armada de Chile ..... |      |
| <br>Carta SHOA N° 3 Resumen Gráfico del Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes .....                      |      |

## CAPITULO I

### DEFINICIONES Y SIMBOLOGIA

#### Navegación y su clasificación - Forma de la Tierra

#### Definiciones en Astronomía Náutica - Signos y Abreviaturas

#### usados en Navegación - Forma de indicar y trazar en las

#### cartas los rumbos, demarcaciones y situaciones

#### 1.00 NAVEGACION Y SU CLASIFICACION.

Navegación es la ciencia que enseña a conducir con seguridad una nave desde un punto a otro, y a determinar su posición en cualquier momento con una razonable exactitud.

Según los métodos, sistemas y ayudas que se empleen, la navegación puede clasificarse en:

a) Costera (incluye el Pilotaje), donde la situación se obtiene con relación a puntos de la costa u objetos terrestres visibles, tales como faros, balizas, rocas, puntas, cerros, ríos, etc., mientras se navega en las cercanías de la costa, canales, estrechos y entradas y salidas de puertos.

b) De estima, en que la posición de la nave se determina tomando en cuenta los rumbos y distancias navegadas a partir de un punto de situación conocida.

c) Astronómica o de altura, donde la posición de la nave se determina por observaciones de cuerpos celestes, tales como, sol, luna, planetas y estrellas.

d) Electrónica, en que la posición se obtiene por medio de equipos y sistemas electrónicos,

como el radiogoniómetro, radar, lorán, omega, satélites y elementos especiales para trabajos hidrográficos. Generalmente interviene también en la navegación por estima, costera y astronómica.

Según sea la derrota que siga la nave para trasladarse de un punto a otro, la navegación puede ser:

a) Loxodrómica u Línea de Rumbo. Curva helicoidal trazada en la esfera terrestre y que corta a los meridianos bajo el mismo ángulo. En la carta Mercator se representa como una línea recta y en la gnomónica como una curva con la concavidad hacia el polo elevado. Al seguir una loxodrómica el buque gobierna a un mismo rumbo.

b) Ortodrómica. Es el arco de círculo máximo que une dos puntos, siendo la distancia más corta entre ellos. Excepto en el caso de que ambos puntos se hallen sobre el mismo meridiano o sobre el ecuador, la ortodrómica corta los meridianos según ángulos diversos. En la carta gnomónica se representa como línea recta y en la mercator por una curva con su concavidad hacia el ecuador.

#### 1.01 FORMA DE LA TIERRA.

Es la de un esferoide, semejante a una esfera, pero ligeramente achatada en los polos y abul-



tado en el ecuador. Para algunos problemas de navegación se considera como una esfera perfecta, no envolviendo un error material sensible; para los levantamientos geodésicos se usa como superficie de referencia la de un elipsoide generado por la revolución de una elipse en torno de su eje polar (menor) y que representa matemáticamente con mayor aproximación, la verdadera forma de la Tierra:

El SHOA emplea el Elipsoide Internacional cuyos valores son:

semieje mayor = 6.378.388 mts.  
achatamiento =  $1/297$

## 1.02 DEFINICIONES EN ASTRONOMIA NAUTICA

**ALMICANTARATS.**- Son círculos menores paralelos al horizonte celeste. Son también llamados "paralelos de altura" por su intervención en la medida de estas ordenadas.

**ALTURA VERDADERA DE UN ASTRO (Av.).**- Es el ángulo formado en el centro de la Tierra, medido sobre el vertical que pasa por el astro, desde el horizonte celeste hasta el astro, de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ . Es  $0^\circ$  cuando está en el horizonte,  $90^\circ$  cuando está en el zenit.

**AMPLITUD (Amp.) DE UN ASTRO.**- Es el arco de horizonte celeste comprendido entre el vertical primario y el vertical del astro cuando está cruzando el plano del horizonte celeste al salir o al ponerse. Se cuenta a partir del punto cardinal E o W de  $0^\circ$  a  $90^\circ$ , hacia el N o S. Así, por ejemplo, la amplitud E  $15^\circ$  N indica que el astro está naciendo  $15^\circ$  al N del punto E del horizonte.

**ANGULO AL POLO (P).**- Es el ángulo formado en el polo por el meridiano celeste superior del observador y el círculo horario del astro. Se mide en el ecuador celeste desde el meridiano del observador al círculo horario que pasa por el astro de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , hacia el E o hacia el W.

**ANGULO AL ZENIT (Z).**- Es el ángulo formado en el zenit entre el vertical principal que contiene el polo elevado del observador y el vertical del astro. Se mide en el horizonte celeste desde el polo elevado hacia el E o W hasta el vertical que pasa por el astro de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ . Es uno de los elementos del triángulo de posición. Conocido el ángulo al zenit de un astro, se puede convertir en azimut verdadero, reduciéndolo a graduación sexagesimal ( $0^\circ$  a  $360^\circ$ ) y viceversa.

**ANGULO HORARIO (AH).**- Es el ángulo formado en el polo celeste y medido en el ecuador

celeste por el meridiano superior del observador y el horario del astro. Se mide desde el meridiano al círculo horario en sentido contrario al movimiento de rotación de la Tierra y de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  o de 00 a 24 horas.

**ANGULO HORARIO SIDEREO (AHS).**- Su definición es similar al de la ascensión recta, pues el punto de partida de su medida es el punto vernal y el final, el horario del astro. Se cuenta también de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , o de 00 a 24 horas, pero en sentido contrario al de rotación de la Tierra.

De aquí se desprende que la AR y el AHS serán siempre suplementarios a  $360^\circ$  o a 24 horas.

Las coordenadas uranográficas son también llamadas absolutas, pues son válidas en el instante de la observación, para todos los lugares de la Tierra.

**ASCENSION RECTA (AR).**- Es el arco de ecuador celeste comprendido entre el punto vernal y el círculo horario del astro. Se mide desde el punto vernal hacia el horario del astro en el mismo sentido de rotación de la Tierra de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ , o bien de 00 a 24 horas.

**ANTIPODA DE UN LUGAR.**- Es un lugar ubicado diametralmente opuesto a aquel.

**AZIMUT VERDADERO DE UN ASTRO (Azv.).**- Es el ángulo formado en el zenit entre el vertical principal que contiene el polo norte y el vertical del astro. Se mide en el horizonte desde el vertical principal hasta el vertical del astro, de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  por el E.

**CIRCULO ARTICO.**- Es el paralelo de latitud  $66^\circ 33' N$  aproximadamente; él indica el límite sur al cual el Sol se hace circumpolar durante algún tiempo en el verano en el hemisferio norte. La latitud del círculo ártico es el complemento de la mayor latitud norte alcanzada por el Sol. El círculo ártico es el límite sur de la zona polar norte.

**CIRCULO ANTARTICO.**- Es el paralelo de latitud  $66^\circ 33' S$  aproximadamente; él indica el límite norte al cual el Sol se hace circumpolar durante algún tiempo en el verano del hemisferio sur. La latitud del círculo antártico es el complemento de la mayor latitud sur alcanzada por el Sol. El círculo antártico es el límite norte de la zona polar sur.

**CIRCULO HORARIO U HORARIO.**- Es un círculo máximo celeste que pasa por los polos y por el astro observado. No debe confundirse un meridiano celeste con un círculo horario. El primero



permanece fija sobre un punto de la Tierra y el otro acompaña al astro en su movimiento alrededor de la Tierra.

**COORDENADAS HORIZONTALES DE UN ASTRO.**- Son la Altura verdadera (Av) y el Azimut verdadero (Azv) del astro.

**COORDENADAS ECUATORIALES O EQUINOCCIALES.**- Se llama así, el sistema que tiene como plano de referencia para situar los astros, el "ecuador celeste o equinoccial" y el "meridiano celeste del observador". Las coordenadas de este sistema son: "Ángulo horario y Declinación".

**COORDENADAS URANOGRÁFICAS.**- Estas son: la ascensión recta (AR) y la declinación (D). Dan la ubicación de los astros en la esfera celeste prescindiendo de la ubicación del observador y usan como planos de referencia, el ecuador celeste y el plano del horario del punto Vernal. La ascensión recta ha caído en desuso y se ha ido sustituyendo por la coordenada llamada "ángulo horario sidéreo". (AHS.).

La declinación es exactamente la misma definida en las coordenadas celestes ecuatoriales.

**CULMINACIÓN SUPERIOR E INFERIOR.**- Llámanse culminación superior de un astro al punto en que alcanza su mayor altura, lo que sucede para un observador determinado, cuando este cruza su meridiano celeste superior. A esta altura, la mayor de su recorrido, se llama "Altura Meridiana del Astro".

La culminación inferior es el punto en que cruza el meridiano celeste inferior del observador.

**DECLINACIÓN DE UN ASTRO (D).**- Es el arco del círculo horario comprendido entre el ecuador celeste o equinoccial y el astro. Se mide de  $0^\circ$  cuando el astro está en el ecuador celeste a  $90^\circ$  cuando está en los polos. Tiene signo norte cuando el astro está en el hemisferio norte y signo sur en caso contrario.

**DIFERENCIA DE LATITUD (I).**- Es el arco de meridiano comprendido entre los paralelos de dos lugares. Para lugares situados en un mismo hemisferio es igual a la diferencia del valor numérico de las latitudes. Para lugares situados en hemisferios diferentes, es igual a la suma de dichos valores. La diferencia en latitud tiene signo N o S, que indica el sentido en que debe moverse el buque para ir de un punto a otro. Se expresa en minutos de arco.

**DIFERENCIA DE LONGITUD (g).**- Es el menor arco del Ecuador comprendido entre los meri-

dianos de dos lugares. Si los dos lugares se encuentran en longitudes Este (o Oeste) su diferencia de longitud será igual a la diferencia entre el valor numérico de sus longitudes. Si las longitudes son de diferentes signos, la diferencia será igual a la suma de dichos valores, excepto cuando la suma excede de  $180^\circ$ , en cuyo caso será igual a  $360^\circ$  menos la suma, cambiándosele la denominación. La diferencia de longitud tiene denominación E o W, según el sentido que debe moverse el buque para ir de un punto a otro.

**DÍA SOLAR VERDADERO.**- El lapso transcurrido entre dos pasos consecutivos del centro del sol por un mismo meridiano, se denomina día solar verdadero.

**DÍA SOLAR MEDIO.**- Es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del sol medio por un mismo meridiano. Su duración es constante y se subdivide en 24 horas.

24 hrs. 00 min. 00 seg. de tiempo medio equivalen a 24 hrs. 03 min. 56,56 seg. de tiempo sidéreo.

**DÍA SIDEREO.**- Es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de una estrella por el mismo meridiano. Este día es constante y es 3 minutos 55,91 segundos más corto que el solar medio.

**DISTANCIA POLAR DE UN ASTRO ( $\Delta$ ).**- Es el arco de horario comprendido entre el polo elevado del observador y el astro, medido de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ .

Si la declinación del astro es del mismo signo del polo elevado  $\Delta = 90 - D$ ; pero si la declinación del astro es de distinto signo que el polo elevado del observador entonces  $\Delta = 90 + D$ . Lleva el signo del polo hacia el cual se mide.

**DISTANCIA ZENITAL (Dz).**- Es el arco de vertical comprendido entre el zenit y el astro. Es el complemento de la altura verdadera. Se cuenta desde  $0^\circ$  cuando el astro está en el zenit a  $90^\circ$  cuando el astro está en el horizonte celeste.

**DIVISION DEL HORIZONTE CELESTE. PUNTOS CARDINALES.**- La intersección del plano del meridiano celeste del lugar con el plano del horizonte celeste nos determina los puntos cardinales Norte y Sur, llamándose Norte el que queda hacia el polo celeste norte y Sur el que queda hacia el polo Sur celeste.

La intersección del plano del ecuador celeste con el horizonte celeste, determina los puntos



cardinales E y W. El punto cardinal E del horizonte queda en el extremo derecho de esta línea, mirando al norte. Las líneas N - S y E - W son perpendiculares entre sí y dividen al horizonte celeste en cuatro cuadrantes.

**ECLIPTICA.**- Es el círculo máximo de la esfera celeste determinado por el aparente recorrido anual del centro del Sol. La eclíptica forma un ángulo con el ecuador celeste de  $23^{\circ} 27'$ , que es llamado "oblicuidad de la eclíptica".

**ECUACION DEL TIEMPO.**- Es la diferencia entre el tiempo verdadero y el tiempo medio en cualquier instante.

Es positiva si el tiempo verdadero es mayor y negativa si el tiempo medio es mayor.

**ECUADOR CELESTE.**- Si el plano del ecuador terrestre lo extendemos hasta cortar la esfera celeste, determinamos en ella un círculo máximo que es el ecuador celeste; divide la esfera celeste en dos hemisferios: hemisferio celeste norte y el sur, según el polo celeste que contenga.

**ECUADOR TERRESTRE.**- Es el círculo máximo, perpendicular al eje terrestre, que divide a la Tierra en dos hemisferios: el norte y el sur. Constituye uno de los planos de referencia de las coordenadas geográficas.

**ESFERA CELESTE.**- Es una esfera imaginaria de radio infinito y concéntrica a la Tierra, en la cual se ven aparentemente todos los cuerpos celestes, excepto la Tierra.

**ESFERA OBLICUA.**- Es la esfera celeste como aparece para un observador situado entre el ecuador y el polo, donde los astros se levantan oblicuamente y recorren los paralelos correspondientes a su declinación. Así tendremos astros que estarán siempre sobre el horizonte; es decir no se ocultarán nunca y son los llamados circumpolares. Habrán otros que estarán siempre bajo el horizonte del observador por lo que se les llama "invisibles" y por último habrán otros que permanecerán más tiempo sobre el horizonte que bajo él y viceversa.

**ESFERA PARALELA.**- Un observador colocado ya sea en el polo norte o sur terrestre verá los astros recorriendo círculos menores paralelos al horizonte (almicantarats), tendrán una altura constante y serán todas circumpolares.

Para estos observadores serán visibles todas las estrellas y planetas del hemisferio celeste

correspondiente a su polo, e invisibles las del hemisferio opuesto.

**ESFERA RECTA.**- Para todo observador ubicado en el ecuador terrestre su zenit estará en el ecuador celeste y los polos celestes estarán ubicados en su horizonte celeste. Los astros describen, entonces, semicircunferencias sobre y bajo el horizonte y su tiempo de permanencia sobre y bajo él son iguales (12 horas sidéreas). No hay estrellas circumpolares ni invisibles y, por lo tanto, para estos observadores, son visibles todas las estrellas y planetas.

**HORA MEDIA LUGAR (HmL).**- Es el tiempo transcurrido desde que el sol medio pasó por el meridiano inferior, hasta el instante considerado. Es, entonces, el  $AHL \odot$  medio más 12 horas. En Greenwich recibe la denominación de hora media Greenwich (HmGr.).

**HORA SIDEREA (Hsl.).**- Para la medición de la hora sidérea se usa como punto de referencia el "punto vernal". La hora sidérea de un lugar (Hsl.) es igual al ángulo horario del punto vernal para ese lugar en un instante dado; luego la Hsl puede definirse como el tiempo sidéreo transcurrido desde que el punto vernal pasó por el meridiano superior del lugar hasta el momento considerado.

**HORA VERDADERA DEL LUGAR (HvL).**- Es el tiempo transcurrido desde que el sol verdadero pasó por el meridiano inferior hasta el instante considerado.

Es decir, es igual al  $AHL \odot$  verdadero más 12 horas. En Greenwich tiene el nombre de hora verdadera de Greenwich.

**HORIZONTE CELESTE.**- Como la línea zenit-nadir de un observador es uno de los infinitos diámetros de la esfera celeste, si pasamos un plano por el centro de la Tierra que sea perpendicular a la línea zenit-nadir de un observador y lo extendemos hasta cortar la esfera celeste, determinaremos en ella un círculo máximo que se llama "Horizonte Celeste" del observador.

Este horizonte celeste divide a la esfera en dos hemisferios que son: el hemisferio superior que es el que contiene el zenit y es llamado "visible", porque los astros ubicados en él son visibles para el observador; y el hemisferio inferior que contiene el nadir y es llamado "invisible", porque los astros que se encuentran en él, son invisibles para el observador.



**LATITUD.**- Es el arco de meridiano del lugar, comprendido entre el ecuador y el lugar. Se mide desde el ecuador hacia el lugar de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  y tiene signo Norte o Sur según el hemisferio en que se encuentre el lugar.

**LATITUD MEDIA (Lm).**- De dos lugares situados en el mismo hemisferio es la media entre sus latitudes. Es igual a la semi-suma del valor numérico de sus latitudes. El término no es aplicable en el caso de lugares situados en distinto hemisferio.

**LINEA DE LOS EQUINOCCIOS.**- Es la línea que resulta de la intersección del plano de la Eclíptica con el plano del Ecuador.

**LONGITUD (G).**- Es el arco de Ecuador comprendido entre el pie del meridiano de Greenwich y el pie del meridiano del lugar. También puede decirse que es el ángulo formado en los polos entre el meridiano  $0^\circ$  y el meridiano del lugar. Se mide desde el meridiano de Greenwich de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  hacia el Este o el Oeste hasta el meridiano del lugar.

**LUGAR.**- Es un punto determinado de la superficie de la tierra y corresponde también al observador.

**MERIDIANOS CELESTES.**- Son círculos máximos de la esfera celeste que pasando por los polos celestes cortan perpendicularmente al ecuador celeste.

**MERIDIANO CELESTE DE UN OBSERVADOR.**- Es el que pasa por el zenit y nadir del observador. Para cualquier observador, el plano de su meridiano celeste divide a la tierra y a la esfera celeste en dos hemisferios: oriental (Este) y occidental (Oeste). Para un observador que mira en dirección norte, el primero queda a su derecha y el segundo a la izquierda. La parte del meridiano comprendido entre los polos que contiene el zenit del observador se denomina "meridiano celeste superior" del observador. La otra mitad se le denomina meridiano celeste inferior del observador.

**MERIDIANO DE GREENWICH.**- Es el que pasa por el observatorio del mismo nombre. Constituye el otro plano de referencia de las coordenadas terrestres. Se le llama también meridiano  $0^\circ$  u origen, porque a partir de él se miden las longitudes, dividiendo la tierra en dos hemisferios:

a) Hemisferio de las longitudes Este (oriental), situado a la derecha mirando desde Greenwich al Norte.

b) Hemisferio de las longitudes W. (occidental), situado a la izquierda.

El meridiano inferior de Greenwich es el meridiano  $180^\circ$ , llamado también de cambio de fecha por las razones que se verán más adelante.

El Observatorio de Greenwich está ubicado en la ciudad del mismo nombre cerca de Londres, Inglaterra.

**MERIDIANOS TERRESTRES.**- Son círculos máximos que pasan por los polos terrestres y atraviesan el Ecuador perpendicularmente.

**MERIDIANO DEL LUGAR.**- Se denomina así al meridiano terrestre que pasa por el lugar. Como todo meridiano está dividido por los polos en dos partes iguales de  $180^\circ$  cada una, la mitad que contiene el lugar, se llama meridiano superior del lugar y la otra mitad que contiene a su antípoda se llama meridiano inferior del lugar.

**NADIR.**- Es el punto de la esfera celeste que se halla a  $180^\circ$  del zenit del observador y está diametralmente opuesto a él.

**ORTO Y OCASO DE UN ASTRO.**- La salida de un astro, es decir, cuando corta el horizonte para hacerse visible en un lugar se llama orto del astro para este lugar. La puesta del astro; es decir, cuando corta el horizonte para ocultarse se llama "ocaso del astro".

**PARALELOS.**- Son círculos menores paralelos al ecuador. Se llaman también paralelos de latitud por el papel que desempeñan en la medición de esta coordenada.

**POLOS TERRESTRES.**- Son los extremos del diámetro terrestre que hace de eje de rotación.

**POLOS CELESTES.**- Prolongando el eje terrestre hasta tocar la esfera celeste, determinaremos en ella, en la prolongación que sale del polo norte terrestre, el polo norte celeste; en la que sale del polo sur terrestre, el polo sur celeste.

**POLO DEPRESO.**- Es el que pertenece al hemisferio opuesto del observador.

**POLO ELEVADO.**- Es el que corresponde al hemisferio del observador.

**PUNTO VERNAL ( $\gamma$ ) O ARIES.**- Es el punto extremo de la línea de los equinoccios, donde el sol pasa del hemisferio sur al hemisferio norte en su recorrido por la eclíptica. Primitivamente fue llamado "primer punto de Aries" porque el sol en esa fecha (21 Marzo) entraba a la constelación de Aries.



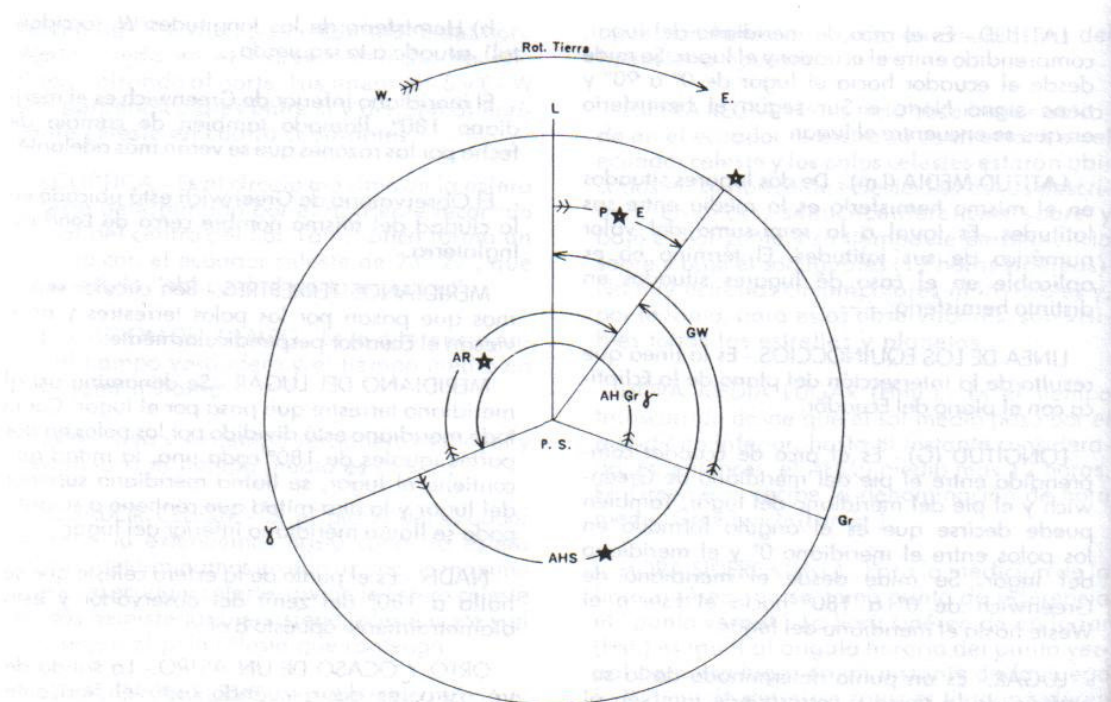


Figura 1.02 Diagrama horario mirando desde el Ps.

La importancia del punto vernal radica en que es el origen de las coordenadas uranográficas y también de las horas sidéreas.

La ubicación del punto vernal se obtiene de los almanaques náuticos (AN), los cuales dan el ángulo horario de éste con respecto a Greenwich, para las diferentes horas medias de cada fecha en Greenwich.

**PUNTO LIBRA.**- Es el otro extremo de la línea de los equinoccios, en donde el Sol, en su recorrido por la eclíptica, pasa del hemisferio norte al hemisferio sur. Esto sucede el 22 de septiembre.

**SOLSTICIOS.**- Son los puntos de la eclíptica en que el Sol alcanza sus mayores declinaciones y se llaman: solsticio de diciembre y solsticio de junio. En el primero, alcanza su máxima declinación sur ( $D = 23^\circ 26',5$  S.) y en el segundo, su máxima declinación norte ( $D = 23^\circ 26',5$  N.).

**SOL MEDIO.**- Es un sol ficticio que se mueve sobre el ecuador celeste a una velocidad uniforme, igual a la velocidad promedio del sol verdadero en la eclíptica.

**TROPICO DE CANCER.**- Es el paralelo de latitud  $23^\circ 27'$  N aproximadamente, e indica el límite norte en el cual el Sol está en el zenit en alguna época del año. Es el límite norte de la zona tórrida.

**TROPICO DE CAPRICORNIO.**- Es el paralelo de latitud  $23^\circ 27'$  S, aproximadamente, e indica el límite sur en el cual el Sol está en el zenit en alguna época del año. Es el límite sur de la zona tórrida.

**VERTICALES.**- Son círculos máximos perpendiculares al horizonte, que pasan por los extremos de la línea zenit-nadir.

**VERTICAL DE UN ASTRO.**- Es el vertical que pasa por el astro considerado.

**VERTICAL PRINCIPAL.**- Es aquel vertical que pasa por los puntos N-S del horizonte.

**VERTICAL PRIMARIO.**- Se llama al vertical que pasa por los extremos de la línea E-W del observador.





## ECUACIONES FUNDAMENTALES:

$$AHGr_{\star} = AHL_{\star} - GE$$

$$AHL_{\star} = AHGr_{\star} + GE$$

$$AHGr_{\star} = AHL_{\star} + Gw$$

$$AHL_{\star} = AHGr_{\star} - Gw$$

$$AHL \text{ (de 0 a 12 hrs.)} = Pw$$

$$AHL \text{ (de 12 a 24 hrs.)} = 24 - PE$$

$$\therefore PE = 24 - AHL_{\star}$$

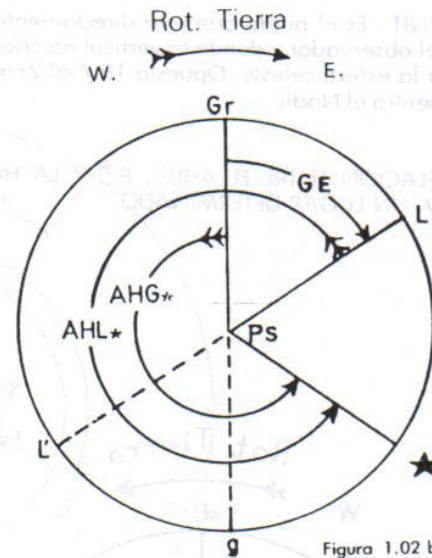


Figura 1.02 b

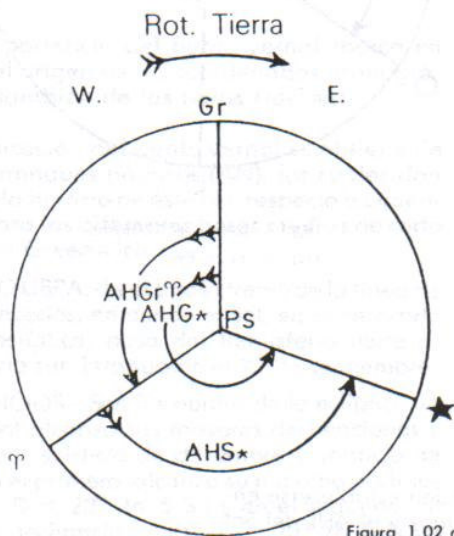
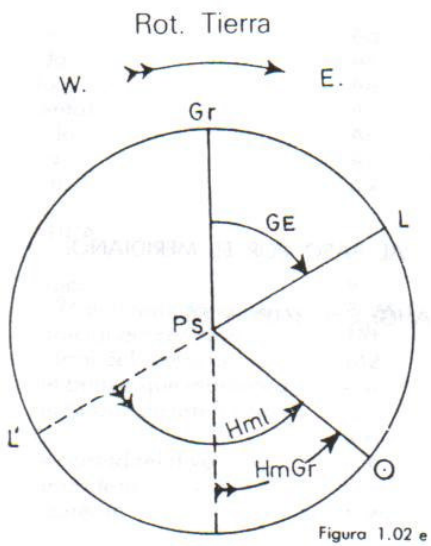
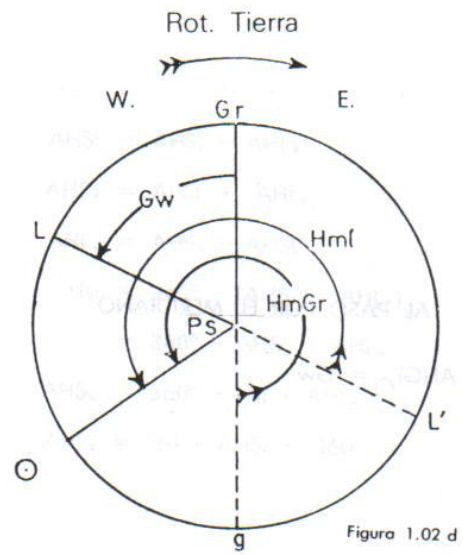
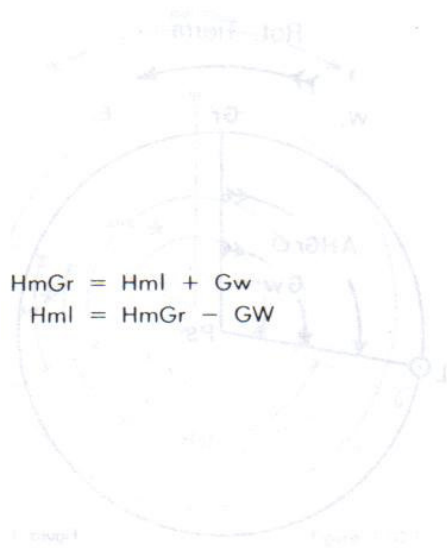
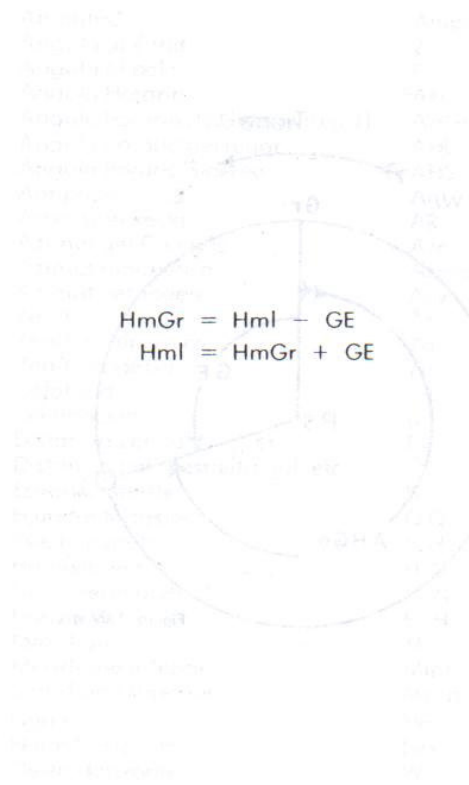


Figura 1.02 c

$$AHGr_{\gamma} = AHGr_{\star} - AHS_{\star}$$



LOCOS MAGAS AGUACIMIENTOS





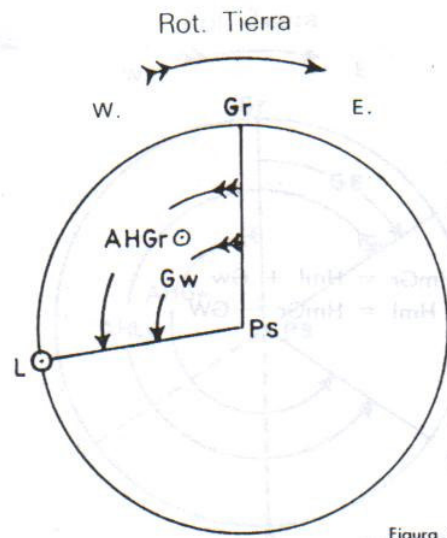
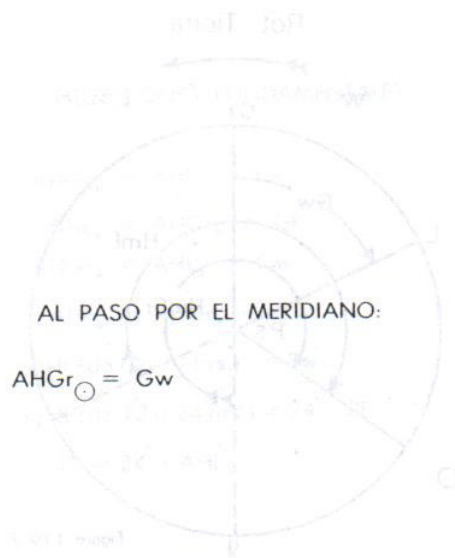


Figura 1.02 f

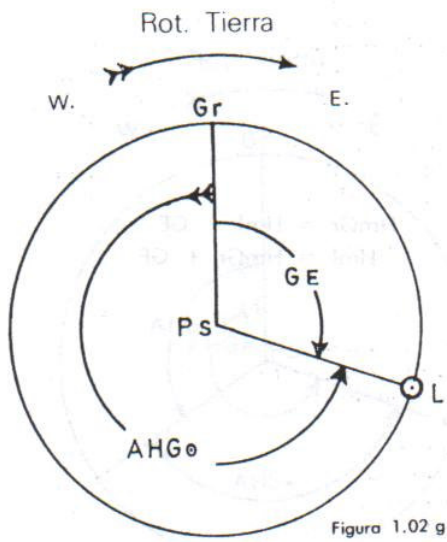


Figura 1.02 g

AL PASO POR EL MERIDIANO:

$$AHGr_{\odot} = 360^{\circ} - GE$$

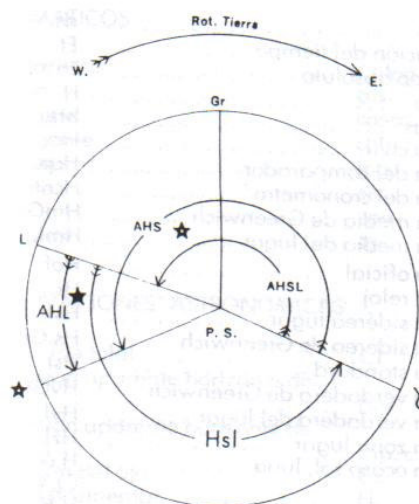


Figura 1.02 h

### 1.03 ABREVIATURAS Y SIMBOLOS MAS USUALES PARA EL TRABAJO EN LA CARTA Y EN LOS CALCULOS DE NAVEGACION.

#### ALTURAS ASTRONOMICAS.

|              |     |
|--------------|-----|
| Aparente     | Aa. |
| Calculada    | Ac. |
| Estimada     | Ae. |
| Instrumental | Ai. |
| Observada    | Ao. |
| Tabulada     | At. |
| Verdadera    | Av. |

#### CINEMATICA.

|                                         |          |
|-----------------------------------------|----------|
| Buque propio                            | R.       |
| Dirección Movimiento Relativo           | D. M. R. |
| Posición inicial del contacto           | M1       |
| Posición final del contacto             | M2       |
| Vector del buque que maniobra           | e.m.     |
| Vector del buque de referencia (propio) | e.r.     |
| Vector velocidad relativa               | r.m.     |
| Viento verdadero                        | e. w.    |
| Viento aparente                         | r. w.    |

#### COMPAS.

|                      |      |
|----------------------|------|
| Abatimiento          | ab.  |
| Deriva               | de.  |
| Desvío               | Δ.   |
| Error del girocompás | Eg.  |
| Variación magnética  | Vmg. |

$$AHS_L = AHS_* - AHL_*$$

$$AHS_* = AHS_L + AHL_*$$

$$AHL_* = AHS_* - AHS_L$$

$$Hsl = 360^\circ - (AHS_* - AHL_*)$$

$$= 360^\circ - AHS_* + AHL_*$$

$$AHS_* = 360^\circ - Hsl + AHL_*$$

$$AHL_* = Hsl + AHS_* - 360^\circ$$

#### COORDENADAS ASTRONOMICAS.

|                                     |       |
|-------------------------------------|-------|
| Amplitud                            | Amp.  |
| Angulo al Zenit                     | Z.    |
| Angulo al polo                      | P.    |
| Angulo Horario                      | AH.   |
| Angulo horario de Greenwich         | AHGr. |
| Angulo horario del lugar            | AHL.  |
| Angulo horario Sidéreo              | AHS.  |
| Antípoda                            | Ant.  |
| Ascensión Recta                     | AR.   |
| Azimet del Compás                   | Azc.  |
| Azimet magnético                    | Azmg. |
| Azimet verdadero                    | Azv.  |
| Zenit                               | Ze.   |
| Zenit astronómico                   | Za.   |
| Zenit geodésico                     | Zg.   |
| Colatitud                           | ΔL.   |
| Declinación                         | D.    |
| Distancia zenital                   | Dz.   |
| Distancia polar estrella, sol, etc. | Δ* Δ⊙ |
| Ecuador celeste                     | Ec.   |
| Ecuador terrestre                   | QQ    |
| Este horizonte                      | E. H. |
| Hemisferio sur                      | H. S. |
| Hemisferio norte                    | H. N. |
| Horizonte                           | H. H. |
| Meridiano                           | M.    |
| Meridiano inferior                  | Minf. |
| Meridiano superior                  | Msup. |
| Nadir                               | Na.   |
| Norte Horizonte                     | NH.   |
| Oeste Horizonte                     | W.H.  |

|                          |         |
|--------------------------|---------|
| Polo celeste Norte ..... | Pc. N   |
| Polo celeste Sur .....   | Pc. S.  |
| Polo Norte .....         | P.N.    |
| Polo Sur .....           | P.S.    |
| Radio Geocéntrico .....  | R. Geo. |
| Radio Ecuatorial .....   | R. E.   |
| Radio polar .....        | Rp.     |
| Radio terrestre .....    | Rt.     |
| Sur Horizonte .....      | S. H.   |
| Vertical primario .....  | Vp.     |

## DEMARCAACION.

|                         |         |
|-------------------------|---------|
| Compás .....            | Dc.     |
| Magnética .....         | Dmg.    |
| Girocompás .....        | Dg.     |
| Relativa .....          | Dr.     |
| Verdadera .....         | Dv.     |
| Radiogoniométrica ..... | D. RG.  |
| Radar .....             | D. RAD. |

## DIRECCION DE LA PROA.

|                           |      |
|---------------------------|------|
| Proa del compás .....     | Pc.  |
| Proa del girocompás ..... | Pg.  |
| Proa magnética .....      | Pmg. |
| Proa verdadera .....      | Pv.  |

## DISTANCIAS.

|                                         |            |
|-----------------------------------------|------------|
| Corredera .....                         | c.         |
| Distancia verdadera .....               | Dv.        |
| Distancia corredera .....               | Dc.        |
| Distancia loxodrómica .....             | DL.        |
| Distancia ortodrómica .....             | DO.        |
| Distancia por la hélice o máquina ..... | Dmq.       |
| Distancia radar .....                   | Dist. RAD. |
| Kilómetro(s) .....                      | Km. Kms.   |
| Metros .....                            | mts.       |
| Milla Náutica .....                     | M.         |
| Milla Estatuto .....                    | M. est.    |
| Pies .....                              | ps.        |
| Yardas .....                            | Yds.       |

## FECHAS.

Se deben abreviar colocando en primer lugar el día, a continuación las tres primeras letras del mes y finalmente el año.

11-ENE-1960.

23-FEB-1952.

3-MAR-1953.

14-ABR-1954.

## HORA.

|                      |       |
|----------------------|-------|
| Ante meridiano ..... | A. M. |
| Comparación .....    | cp.   |

|                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
| Días .....                        | ds.            |
| Ecuación del tiempo .....         | Et.            |
| Estado absoluto .....             | Ea.            |
| Hora .....                        | H.             |
| Horas .....                       | hrs.           |
| Hora civil .....                  | Hc.            |
| Hora del comparador .....         | Hcp.           |
| Hora del cronómetro .....         | Hcr.           |
| Hora media de Greenwich .....     | HmGr.          |
| Hora media del lugar .....        | Hml.           |
| Hora oficial .....                | Hof.           |
| Hora reloj .....                  | Hr.            |
| Hora sidérea lugar .....          | Hsl.           |
| Hora sidérea de Greenwich .....   | Hs.Gr.         |
| Hora standard .....               | Hst.           |
| Hora verdadera de Greenwich ..... | HvGr.          |
| Hora verdadera del lugar .....    | Hvl.           |
| Hora zona lugar .....             | Hzl.           |
| Hora ocaso sol, luna .....        | H.oc.<br>☉, ☾. |

|                                   |                  |
|-----------------------------------|------------------|
| Hora término crepúsculo .....     | H.tér.<br>crep.  |
| Hora comienzo aurora .....        | H. com,<br>aur.  |
| Hora orto del sol, luna .....     | H. orto<br>☉, ☾. |
| Hora astronómica(universal) ..... | UT.              |
| Hora Universal coordinada .....   | UTC.             |
| Marcha .....                      | m.               |
| Minuto .....                      | min.             |
| Pasado meridiano .....            | P.M.             |
| Segundo .....                     | seg.             |
| Sol verdadero .....               | ☉.               |
| Sol medio .....                   | ☉m.              |
| Zona horaria .....                | Zh               |
| Zona horaria oficial .....        | Zho              |
| Zona horaria standard .....       | Zhst             |

## MAREAS.

|                                        |                           |
|----------------------------------------|---------------------------|
| Altura pleamar .....                   | Alt. Plmar.               |
| Altura bajamar .....                   | Alt. Bjmar.               |
| Altura de la marea .....               | Alt. mar.                 |
| Amplitud de la marea en Sicigia .....  | A. de<br>la M.<br>en Sic. |
| Establecimiento medio del puerto ..... | E. del P.                 |
| Hora de la baja .....                  | H. Bjmar.                 |
| Hora de la plea .....                  | H. Plmar.                 |
| Flujo .....                            | Fl.                       |
| Reflujo .....                          | Rfl.                      |
| Amplitud .....                         | Amp.                      |
| Semi-amplitud .....                    | S.amp.                    |
| Unidad de altura .....                 | U.                        |
| Nivel Reducción de sondas .....        | N.R.S.                    |
| Nivel Medio del mar .....              | N.M.M.                    |
| Sicigia .....                          | Sic.                      |



## MATEMATICOS

|             |        |
|-------------|--------|
| Cologaritmo | Colog. |
| Coseno      | cos.   |
| Cosecante   | cosec. |
| Cotangente  | cotg.  |
| Logaritmo   | log.   |
| Secante     | sec.   |
| Seno        | sen.   |
| Tangente    | tg.    |

## OBSERVACIONES ASTRONOMICAS.

|                                          |          |
|------------------------------------------|----------|
| Corrección total                         | CT.      |
| Depresión aparente horizonte del mar     | Dip.     |
| Depresión aparente horizonte de la costa | Dip. c.  |
| Elevación del ojo                        | Eo.      |
| Error instrumental                       | Ei.      |
| Intercepto                               | I.       |
| Paralaje horizontal                      | Ph.      |
| Refracción                               | Ref.     |
| Semidiámetro                             | S/D.     |
| Temperatura                              | $\Theta$ |
| Presión atmosférica                      | $\beta$  |
| Paralaje de altura                       | Pa.      |

## POSICION, SITUACION O PUNTO.

|                                                                  |              |
|------------------------------------------------------------------|--------------|
| Angulo de corte                                                  | $\Theta$     |
| Apartamiento                                                     | ap.          |
| Colatitud                                                        | $\Delta L$   |
| Colatitud del punto de llegada                                   | $\Delta LII$ |
| Colatitud del punto de salida                                    | $\Delta Ls$  |
| Colatitud del vértice                                            | $\Delta Lv$  |
| Diferencia de latitud aumentada                                  | la.          |
| Diferencia de latitud                                            | I.           |
| Diferencia de latitud desde el Pto. de llegada al Pto. de salida | I-II-s.      |
| Diferencia de latitud desde Pto. de salida al Pto. de llegada    | Is-II.       |
| Diferencia de longitud                                           | g.           |
| Diferencia de longitud desde Pto. de corte a Pto. de salida      | gc-s.        |
| Diferencia de longitud desde el Pto. llegada a Pto. salida       | gII-s.       |
| Diferencia de longitud desde el Pto. de salida a Pto. de corte   | gs-c.        |
| Diferencia de longitud desde el Pto. de salida a Pto. de llegada | gs-II.       |
| Diferencia de longitud del Pto. salida hacia vértice             | gs-v.        |
| Diferencia de longitud del vértice hacia Pto. llegada            | gv-II.       |
| Distancia Ortodrómica                                            | DO.          |
| Intercepto                                                       | I.           |
| Latitud                                                          | L.           |
| Latitud Aumentada                                                | LA           |

|                                   |          |
|-----------------------------------|----------|
| Latitud adoptada                  | La.      |
| Latitud de salida                 | Ls.      |
| Latitud de llegada                | LII.     |
| Latitud encuentro                 | LE       |
| Latitud estimada                  | Le.      |
| Latitud estimada circunmeridiana  | Lecm.    |
| Latitud estimada meridiana        | Lem.     |
| Latitud media                     | Lm.      |
| Latitud observada                 | Lo.      |
| Latitud del vértice (ortodrómica) | Lv.      |
| Longitud                          | G.       |
| Longitud adoptada                 | Ga.      |
| Longitud estimada meridiana       | Gem.     |
| Longitud estimada circunmeridiana | Gecm.    |
| Longitud encuentro                | GE.      |
| Longitud estimada                 | Ge.      |
| Longitud de llegada               | GII.     |
| Longitud observada                | Go.      |
| Longitud de salida                | Gs.      |
| Longitud de vértice (ortodrómica) | Gv.      |
| Punto ó Posición adoptada         | Pa.      |
| Punto ó Posición estimada         | Pe.      |
| Punto ó Posición observada        | Po.      |
| Punto                             | Pto.     |
| Punto corte                       | Pto. C.  |
| Punto encuentro                   | Pto. E.  |
| Punto llegada                     | Pto. II. |
| Punto salida                      | Pto. s.  |
| Punto de observación              | P. de O. |
| Punto de referencia               | P. de R. |
| Semi-Convergencia de Meridianos   | 1/2 C.   |

## RUMBOS.

|                         |      |
|-------------------------|------|
| Angulo rumbo de llegada | RII. |
| Angulo rumbo de salida  | Rs.  |
| Rumbo aéreo             | Ra.  |
| Rumbo compás            | Rc.  |
| Rumbo estimado          | Re.  |
| Rumbo inicial           | Ri.  |
| Rumbo del giro          | Rg.  |
| Rumbo de llegada        | RII. |
| Rumbo magnético         | Rmg. |
| Rumbo de salida         | Rs.  |
| Rumbo verdadero         | Rv.  |

## VELOCIDAD.

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| Coefficiente de resbalamiento | K.        |
| Coefficiente corredera        | Coef. Co. |
| Error de corredera            | Error. Co |
| Nudos                         | Nds.      |
| Número de revoluciones        | N         |
| Resbalamiento                 | Resb.     |
| Revoluciones por minuto       | RPM.      |
| Velocidad enemigo             | Ve.       |
| Velocidad efectiva            | Vef.      |

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Velocidad de llegada ..... | VII. |
| Velocidad propia .....     | Vp.  |
| Velocidad relativa .....   | Vr.  |
| Velocidad de salida .....  | Vs.  |
| Velocidad verdadera .....  | V.   |
| Velocidad máquina .....    | Vmq. |

## SIMBOLOS.

|                                                      |                |
|------------------------------------------------------|----------------|
| Infinito .....                                       | $\infty$       |
| Diferencia algebraica .....                          | $\sim$         |
| Grados .....                                         | $^{\circ}$     |
| Sol .....                                            | $\odot$        |
| Luna .....                                           | $\odot$        |
| Limbo superior sol, luna .....                       | $\odot, \odot$ |
| Limbo inferior sol, luna .....                       | $\odot, \odot$ |
| Minutos de Arco .....                                | $'$            |
| Posición estimada .....                              | $\triangle$    |
| Posición por demarcaciones o por observaciones ..... | $\odot$        |

## 1.04 TRABAJO EN LA CARTA.

## a) FORMA DE INDICAR UNA DERROTA EN LA CARTA.

Ejemplo:

Rv. 081°

V 12 nds.

La línea indicada en la figura representa una derrota loxodrómica.

|                                              |                   |
|----------------------------------------------|-------------------|
| Posición probable .....                      | $\square$         |
| Posición por radar .....                     | $\triangle$       |
| Posición por radiogoniómetro .....           | R.G. $\square$    |
| Punto vernal o Aries .....                   | $\gamma$          |
| Segundos de arco .....                       | $"$               |
| Corriente en general .....                   | $\longrightarrow$ |
| Corriente de marea creciente .....           | $\longrightarrow$ |
| Corriente de marea vaciante .....            | $\longrightarrow$ |
| Luna nueva o novilunio .....                 | $\bullet$         |
| Primer cuarto o creciente .....              | $\circ$           |
| Luna llena o plenilunio .....                | $\bigcirc$        |
| Ultimo cuarto, decreciente o menguante ..... | $\circ$           |
| Venus .....                                  | $\odot$           |
| Tierra .....                                 | $\oplus$          |
| Marte .....                                  | $\odot$           |
| Júpiter .....                                | $\odot$           |
| Saturno .....                                | $\odot$           |
| Estrellas .....                              | $\star$           |

Sobre el track se pondrá Rv (seguido del rumbo en grados usando tres cifras).

Bajo el track se pondrá V (seguido de la velocidad en nudos) usando dos cifras.

## b) FORMA DE INDICAR UNA DEMARCAACION A UN PUNTO DE TIERRA (Fig. 1.04-b).

Ejemplo:

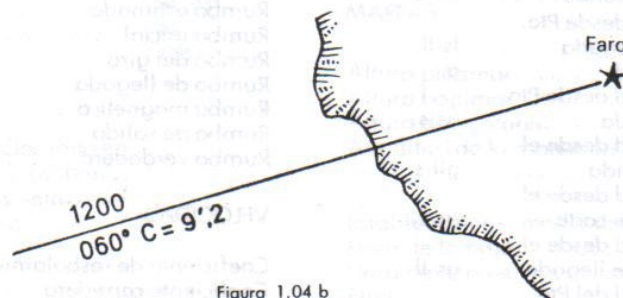


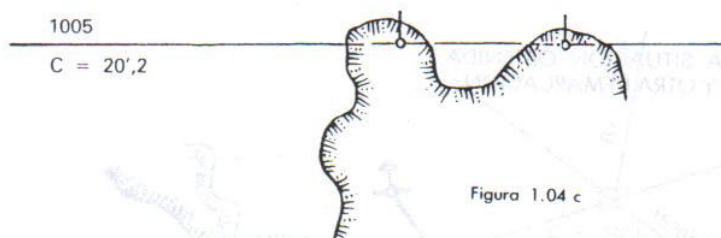
Figura 1.04 b

Sobre la demarcación se pondrá la hora a que se tomó, en cuatro cifras.

Bajo la demarcación se pondrá su dirección verdadera desde a bordo en tres cifras y la corredera.

## c) CUANDO SE CRUCE UNA ENFILACIÓN.

Ejemplo:

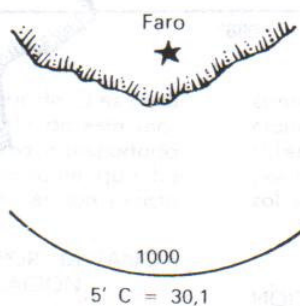


Sobre la línea de enfilación se colocará la hora a que se cruzó.

Bajo la línea de enfilación se colocará la corredera.

## d) FORMA DE INDICAR UNA DISTANCIA.

Ejemplo:

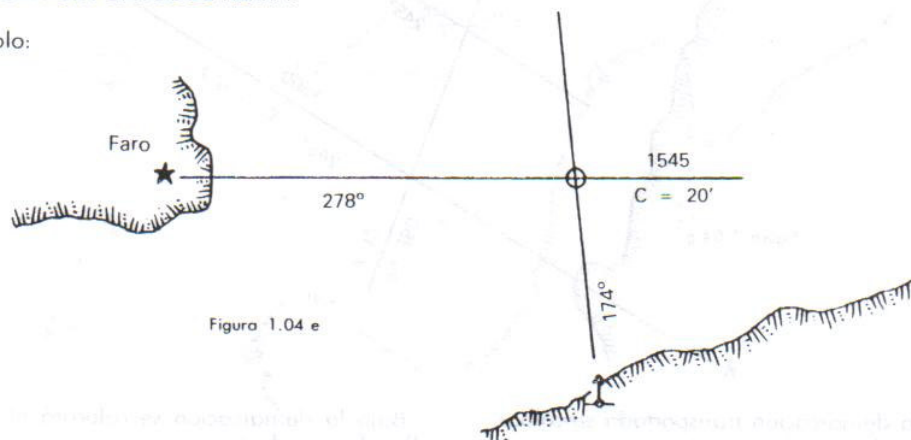


Esto quiere decir que sólo se cuenta con un lugar geométrico.

En la parte interior del círculo se colocará la hora y en la parte exterior la distancia, seguida de la corredera.

## e) FORMA DE INDICAR EN LA CARTA UNA SITUACIÓN POR PUNTOS DE TIERRA.

Ejemplo:





Las demarcaciones trazadas como se indicó anteriormente.

En la intersección de las demarcaciones se pone un círculo.

f) EJEMPLO DE UNA SITUACION OBTENIDA POR UNA ENFILACION Y OTRA DEMARCACION.

Ejemplo:

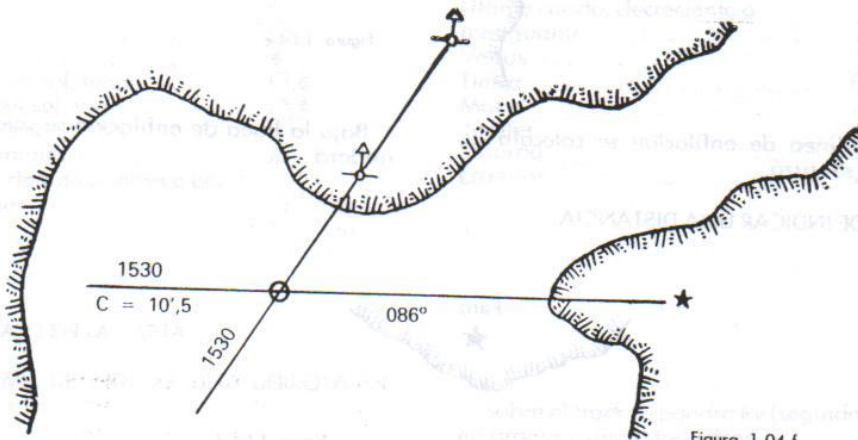


Figura 1.04 f

Los datos se anotan como se indicó en los ejemplos anteriores.

g) FORMA DE INDICAR UNA DEMARCACION TRANSPORTADA.

Ejemplo:

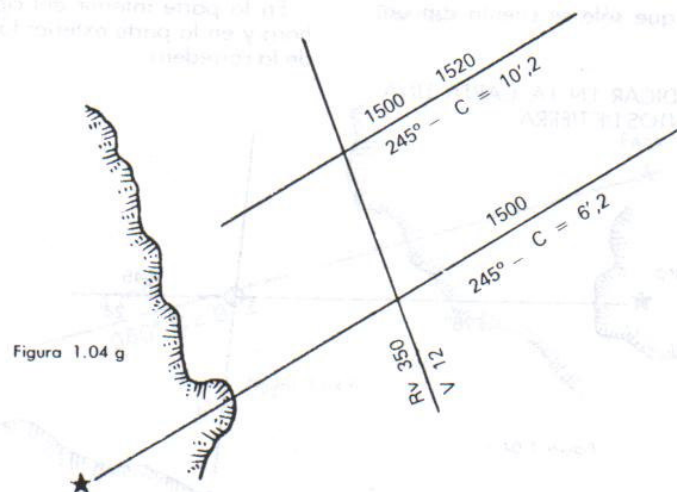


Figura 1.04 g

Sobre la demarcación transportada se coloca el lapso que fue transportada.

Bajo la demarcación se colocará el dato de ella y la corredera.

#### h) SITUACION POR RECTA TRANSPORTADA SIN CONOCER LA CORRIENTE.

Ejemplo:

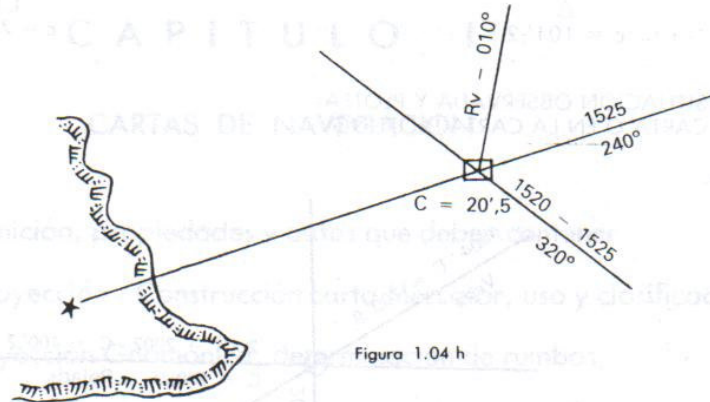


Figura 1.04 h

La razón de colocar  $\square$  en lugar de  $\odot$  es para indicar que la situación obtenida de esta manera, o sea empleando una recta transportada sin conocer exactamente la corriente que ha afectado el lapso navegado, no es tan exacta

como la obtenida, por ejemplo por demarcaciones simultáneas. Esta situación probable se diferencia de la estimada ( $\approx$ ) por ser obtenida por medios auxiliares a la estima pura.

#### i) CASO DE SITUACION POR DISTANCIA TRANSPORTADA Y POR DEMARCAACION.

Ejemplo:

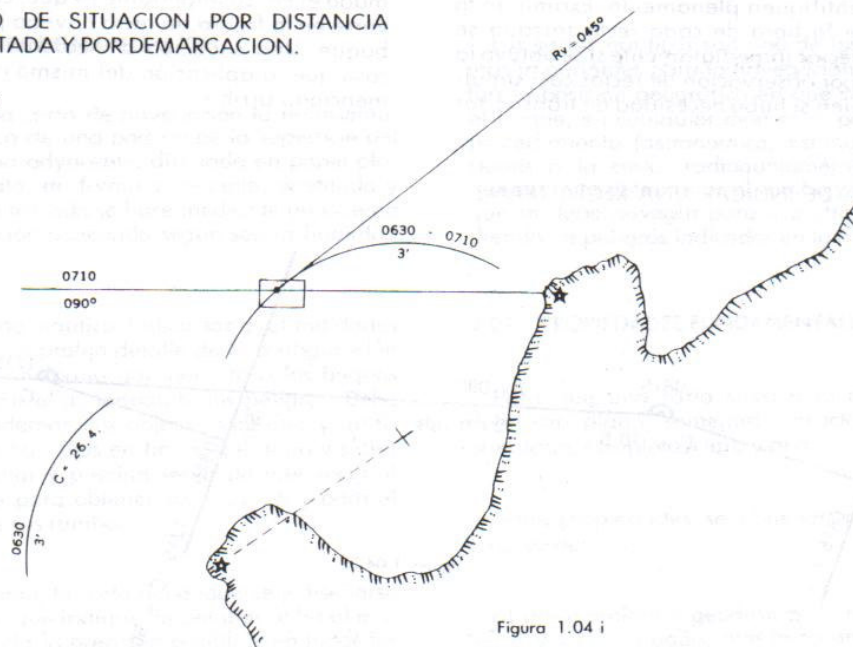


Figura 1.04 i

j) SITUACIONES EN ALTA MAR OBTENIDAS POR RADAR Y RADIOGONIOMETRO.

Por Radar:

$$\begin{array}{c} 1915 \\ \triangle \\ c = 101',2 \end{array}$$

Por Radiogoniómetro:

$$\begin{array}{c} \text{RG 1925} \\ \square \\ c = 20',2 \end{array}$$

k) UNA SITUACION OBSERVADA Y PLOTEADA EN LA CARTA O EN LA CARTA PLOTTING.

Ejemplo:

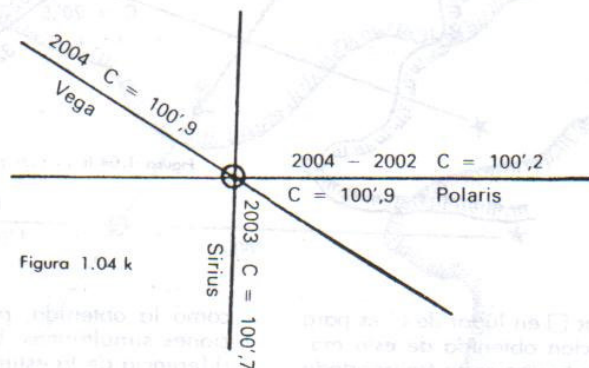


Figura 1.04 k

Como se puede apreciar en el ejemplo dibujado, cada recta debe llevar todos los datos que la identifiquen plenamente. Examinando el dato de la hora de cada recta trazada se puede apreciar inmediatamente si se obtuvo la situación por observación de rectas casi simultáneas o bien si hubo necesidad de transportar alguna.

En el caso mostrado en la figura 1.04-I se ha tomado Pe, pero también podría haberse tomado el Pa. Lo importante es que, como puede verse en la figura, la recta navega junto con el buque. Una situación a mediodía no es otra cosa que la aplicación del mismo caso que se menciona arriba.

l) FORMA DE INDICAR UNA RECTA TRANSPORTADA.

Ejemplo:

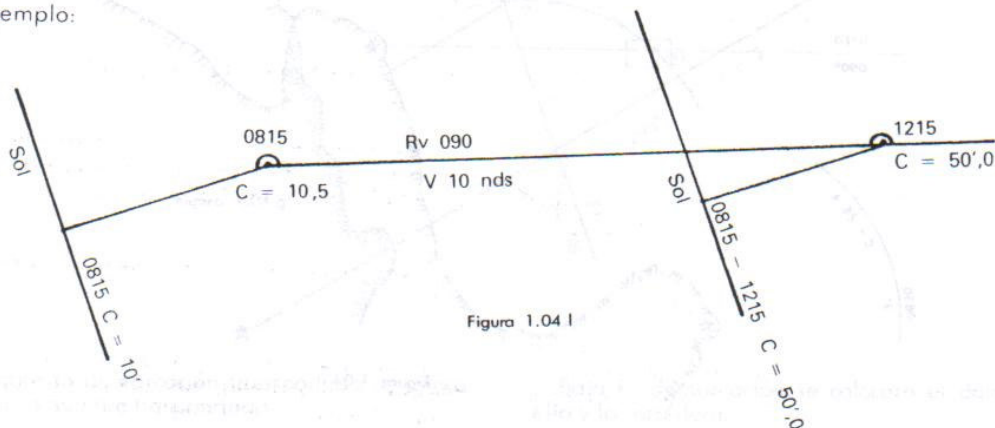


Figura 1.04 l



## CAPÍTULO II

### CARTAS DE NAVEGACION

#### Definición, propiedades y datos que deben contener

#### Sistemas de proyección - Construcción carta Mercator, uso y clasificación

#### Proyección Gnomónica, determinación de rumbos,

#### distancias y trazado de la ortodrómica

#### Proyecciones Policónica y Lambert.

#### 2.00 CARTA DE NAVEGACION.

Se llama carta de navegación la representación gráfica de una porción de la superficie del mar y costa adyacente, dibujada en papel plano, a escala, de forma semejante, orientada y exacta. Su trazado se hace mediante un sistema de proyección adecuado según sea la finalidad que tiene.

Una carta náutica indica las profundidades del mar y un prolijo detalle de la configuración marítima, en forma que permita a los buques navegar por ella, sorteando los peligros. Debe señalar, además, los objetos naturales y artificiales que hay fijos en tierra, que sean visibles desde el mar y puedan servir de referencia al navegante para obtener su situación y para el trazado de sus rumbos.

Por lo tanto, la carta debe idearse y diseñarse de manera que indique los detalles útiles al marino con toda la precisión posible y en todas las circunstancias previsibles.

Las cartas náuticas son uno de los elementos más importantes para la navegación. En ellas se fija la posición geográfica en que se encuentra el buque, en cualquier momento, por cualquier procedimiento (astronómico, estima, demarcaciones a la costa, radiogoniométrico, etc.), lo que permite determinar el rumbo y la distancia que se debe navegar para ir a otro punto, eludiendo los peligros indicados en la misma carta.

#### 2.01 PROPIEDADES FUNDAMENTALES.

Para que una carta sirva a la navegación, debe ser: plana, semejante, exacta, a escala, orientada, completa, clara y al día.

Estas propiedades se obtienen mediante el empleo de:

a) procedimientos geodésicos de medición en tierra y sobre el agua, que integran las operaciones de un trabajo hidrográfico.

b) un sistema de proyección que permita obtener un dibujo exacto, semejante y a escala del área que representa, sin deformaciones.

**PLANA.-** Se requiere que la carta sea plana para que sea posible colocarla sobre la cubierta de una mesa y trabajar en ella con instrumentos de dibujo, como asimismo para facilitar su estiba y conservación a bordo.

**SEMEJANTE.-** El dibujo debe mantener la misma forma de lo que representa y las mismas posiciones relativas entre todos los detalles y objetos que contiene. Significa que tanto los ángulos y direcciones que se trazan sobre la carta (rumbos, demarcaciones, etc.) como las distancias entre los objetos dibujados, corresponden exactamente al valor que tienen sobre la superficie terrestre.

**ESCALA.-** La carta debe dibujarse a escala para poder medir en ella las distancias a que se encuentran las costas en la tierra y, especialmente, las distancias que haya entre puntos que se sitúen en el plano, o entre un rumbo y algún objeto terrestre que esté dibujado en él.

La distancia real es la que se obtiene en la carta multiplicada por la escala.

**EXACTITUD.-** Es la absoluta igualdad entre las dimensiones lineales, angulares, etc., que se miden o calculan en la carta con las dimensiones reales correspondientes que existen en el terreno.

Se obtiene a través de los procedimientos que comprende el respectivo levantamiento hidrográfico.

**ORIENTACION.-** La tierra y agua dibujada en la carta deben tener la misma posición relativa con respecto a los meridianos trazados, que la que realmente tienen en la superficie terrestre. La orientación en una carta permite trazar los rumbos, demarcaciones, etc., con respecto al norte verdadero y recíprocamente deducirlos para uso del navegante. Está indicada por el trazado de los meridianos y paralelos.

**COMPLETA, CLARA Y AL DIA.-** Las cartas deben contener todos los datos que requiere la navegación, como asimismo presentarlos con la claridad suficiente, de modo que el navegante las pueda emplear con rapidez, seguridad y confianza.

Por último la carta debe mantenerse al día, es decir corregida de acuerdo a los avisos que emite el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.

## 2.02 DATOS QUE DEBE CONTENER UNA CARTA DE NAVEGACION.

1. **SONDAS.-** Profundidades del mar a intervalos tan pequeños como lo permita la claridad y la escala.

2. **VERILES.-** Líneas de igual profundidad, que permiten llevar la derrota de un buque de acuerdo con su calado.

3. **CALIDAD DEL FONDO.-** Debe indicarse especialmente cerca de la costa, en los fondeaderos y sobre los bajos fondos.

4. **PELIGROS SUBMARINOS.-** Todo lo que constituye un peligro para la navegación, como ser: rocas sumergidas, cascós a pique, arrecifes, bajos, restingas, tendido de cables, etc.

5. **LINEA DE LA COSTA.-** Todo el contorno de la costa, con su forma, orientación, aspecto y características de ella (alta, escarpada, rocosa, de arena, etc.).

6. **DERROTA Y ENFILACIONES.-** Track recomendado en canales, pasos, entradas a ciertos puertos, etc., con indicación de las enfilaciones a puntos fijos para mantenerse en la derrota, etc.

7. **SEÑALIZACION Y OBJETOS VISIBLES.-** Ubicación de los faros, balizas, luces, boyas, islotes, molos, pontones fondeados, zargazales, etc., como asimismo objetos fijos terrestres que sean visibles desde el mar, tales como cerros, puntas, quebradas, torres, edificios, etc.

8. **MAREA Y CORRIENTES.-** Valores del establecimiento del puerto, amplitud de la marea en sigias y niveles de reducción de sondas y de las alturas terrestres. Estos datos deben consignarse en las diferentes bahías, puertos, caletas y surgideros.

Indicación de la dirección e intensidad de las corrientes oceánicas o generales y las de mareas.

9. **COORDENADAS GEOGRAFICAS Y RED DE MERIDIANOS Y PARALELOS.-** Debe figurar el punto de observación con los valores de L. y G. y los principales meridianos y paralelos, de modo que puedan obtenerse las coordenadas de cualquier lugar de la carta en forma rápida y fácil.

10. **ESCALAS.-** Debe contener las siguientes:

a) Natural o Numérica, o sea la relación entre el tamaño del dibujo y el tamaño efectivo terrestre.



En cartas de gran extensión en latitud, esta escala corresponde a la latitud media de la carta.

b) Marginal, para latitudes y longitudes dibujadas en ambos márgenes de la carta. En una carta Mercátor es suficiente la subdivisión en minutos (millas) del lado vertical E y W (latitudes) y la subdivisión en minutos de longitud del lado horizontal N y S. No deben medirse distancias en la escala de longitudes.

c) Gráfica; en los planos de puertos se dibuja una representación lineal del largo de la milla y del kilómetro, de acuerdo a la escala natural, con las subdivisiones que procedan.

11. ROSAS.- Tener una o más rosas convenientemente ubicadas, con espacios blancos y libres de otros detalles para facilitar el trazado de rumbos y demarcaciones.

Se dibujan de manera que la línea  $000^{\circ}$  -  $180^{\circ}$  sea paralela al meridiano verdadero y están graduadas de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$  en el mismo sentido del movimiento de las agujas del reloj.

En el interior va una rosa magnética orientada según el meridiano magnético, indicándose el valor de la variación magnética (Vmg), el año que corresponde y el cambio anual de ella.

12. UNIDADES PARA LAS SONDAS Y ALTURAS.- Deben indicarse las unidades de medidas correspondientes. El SHOA emplea el metro como unidad para sondas y elevaciones.

13. CARACTERISTICAS DE LUCES.- Los faros, luces, boyas, balizas y demás señales de navegación, traen indicadas sus características, alcances, alturas, sectores oscuros, etc.

14. VISTAS DE RECALADA.- Sirven para reconocer la costa, especialmente en las cercanías y entradas a puertos y bocas de canales.

15. NOMBRES GEOGRAFICOS.- Todos los accidentes topográficos e hidrográficos vienen indicados por sus nombres propios, como ser: puertos, cabos, bahías, puntas, islas, cerros, etc.

16. PRECAUCIONES ESPECIALES.- Las cartas deben llevar impresas aquellas informaciones especiales para la navegación en ciertos parajes o tramos, que se estiman que no debe descuidar el navegante; podríamos llamarla como una información de "alerta", ellas podrían ser por ejemplo: "perturbaciones magnéticas", "corrientes anormales", "adelanto o

atraso en el cambio de la corriente con respecto a la estoa", etc.

Una carta de navegación se diseña para satisfacer las necesidades de la navegación de cierta área; pero, en una misma zona, se presentan circunstancias con diversas necesidades náuticas. Un buque grande que entra en un puerto, siguiendo con todo cuidado el track recomendado del canal principal, necesita de la carta, diferentes informaciones de las requeridas por un pequeño buque, remolcador por ejemplo, que debido a su menor calado, puede prescindir de algunas y que por su mayor maniobrabilidad puede aventurarse en aguas menos profundas. Esto indica la necesidad de cartas de diversas escalas, aun en una misma zona, dependiendo ello tanto de la mayor o menor claridad del dibujo, como del detalle topográfico e hidrográfico que permita la escala de la carta.

## 2.03 SISTEMAS DE PROYECCION.

Para obtener las propiedades fundamentales mencionadas en el párrafo 2.01, además de usar sistemas de gran precisión en las medidas angulares y lineales en el terreno, destinadas a proporcionar valores exactos o afectos a errores mínimos, se requiere el empleo de un sistema especial para proyectar el armazón de figuras geométricas sobre un papel plano, ya que las porciones de terreno pertenecen a una superficie curva del esferoide terrestre y su dibujo plano debe efectuarse sin distorsiones o deformaciones, es decir, debe mantenerse la semejanza.

Como la superficie de una esfera o esferoide no es desarrollable, ha sido necesario proyectarla sobre una forma de papel cilíndrica o cónica, que al volver a estirla recupere su condición de plano; pero como dicho cilindro o cono no coincide en la totalidad de su superficie con la de la Tierra (esferoide), resulta que una verdadera representación directa y exacta sobre un papel plano de la posición relativa que tienen los objetos en la Tierra, no es geométricamente posible. Esto significa que no se puede hacer una representación exacta de la superficie de la tierra en un plano, sin que haya deformación.

Sin embargo, cuando se trata de pequeñas áreas terrestres, como el plano de una bahía o un tramo de costa de extensión moderada, en cualquier latitud, los errores por distorsión serán tan pequeños que los ángulos y las distancias lineales quedarán representadas con suficiente exactitud en el dibujo (papel). De esta manera



puede considerarse plano y sin distorsiones un tramo de costa hasta de 80 millas, cualquiera que sea su latitud.

Hay varios sistemas de proyección cada uno con sus ventajas y desventajas, de los cuales los más usados son:

- a) Cilíndrica o centrográfica.
- b) Mercator.
- c) Gnomónica.
- d) Policónica.
- e) Lambert.

En general, todos los sistemas deforman la representación de alguna manera; así algunos mantienen las áreas, alterando los valores de los ángulos; otros conservan los valores de los ángulos, variando el tamaño (dimensiones) de las áreas, o variando sus formas. Habrá entonces que adoptar un sistema u otro de proyección, según el objeto a que será destinada la carta que se va a dibujar.

De las proyecciones nombradas es la Mercator (nombre en latín de su inventor), la universalmente conocida y adoptada para construir cartas de navegación de uso práctico y corriente. Su autor fue el ilustre geógrafo holandés Gerhard Kremer nacido en Rupelmonde el año 1512, quien adaptó la proyección cilíndrica a las necesidades de la navegación, de manera que los ángulos mantuvieran su verdadero valor y las tierras conservaran su forma (semejanza).

Más adelante se verá en detalle en qué consiste este invento trascendental de Mercator, ideado en 1569.

Las otras proyecciones mencionadas, se ocupan:

- a) Cilíndrica, en la enseñanza de la geografía.
- b) Gnomónica, para la navegación por ortodrómica y trazado de radio-marcaciones.
- c) Policónica, en la confección de atlas y mapas.
- d) Lambert, para la navegación aérea.

## 2.04 PROYECCION CILINDRICA.

Si colocamos un cilindro alrededor y tangente a la tierra en el Ecuador y por lo tanto paralelo al

eje de la tierra, figura 2.04-a, y suponemos el punto de vista situado en el centro de la tierra, al proyectar las diferentes líneas sobre el cilindro y desarrollarlo después, como muestra la figura 2.04-b; veremos que:

a) El ecuador es una línea recta horizontal.

b) Los paralelos de latitud son líneas rectas paralelas al ecuador, cuya distancia entre sí va aumentando desde el ecuador hacia los polos, ya que la latitud en la tierra está representada por la tangente con la proyección; de modo que cada grado de latitud se proyecta en función de la tangente del paralelo de latitud.

c) Los polos y regiones polares no aparecen en el dibujo o plano, ya que se proyectan en el infinito.

d) Los arcos de círculo máximo se proyectan como curvas, con su parte convexa hacia el polo elevado.

e) La loxodrómica o línea de rumbo se proyecta como recta, formando ángulos iguales con los meridianos.

f) Los meridianos se proyectan como líneas rectas, paralelos entre sí, igualmente espaciados y perpendiculares al ecuador.

Con respecto a esto último; sabemos que en la esfera terrestre, los meridianos convergen en el polo; luego, la magnitud de un grado de longitud va disminuyendo progresivamente desde el ecuador hasta hacerse cero en los polos. En cambio, la magnitud del grado de latitud se mantiene constante, salvo la variación debida a que la tierra no es una esfera perfecta.

El grado de latitud y longitud, sólo tienen la misma magnitud en el ecuador; después la magnitud del grado de longitud va disminuyendo paulatinamente, de tal manera que en los 70° de latitud su valor es de 20 millas o sea, que en latitud 70° para ir del meridiano 75° al 76° W. es necesario navegar 20 millas cuando en el Ecuador para hacerlo es preciso navegar 60 millas. Pero, en la carta de proyección cilíndrica la magnitud de los grados de longitud se proyectan de tal manera, que aparecen de la misma dimensión en todas las latitudes, ya que, los meridianos son paralelos entre sí. En consecuencia, para conservar la proporción que existe en la tierra entre los meridianos y los paralelos de latitud, sería necesario agrandar el largo natural del grado de longitud progresivamente a medida que aumenta la latitud.

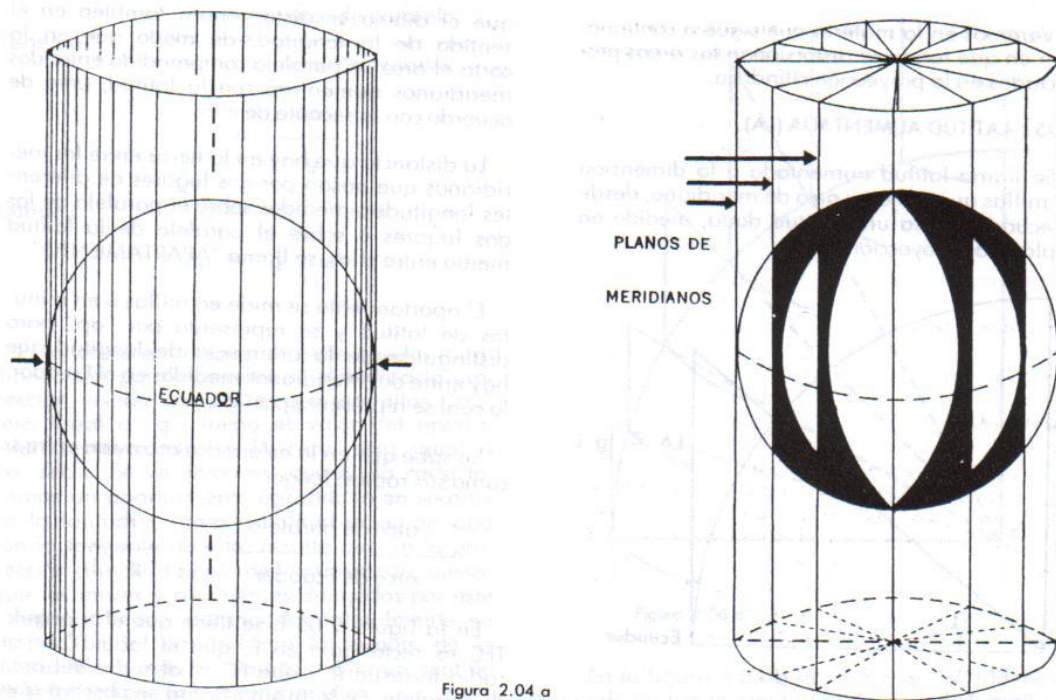


Figura 2.04 a

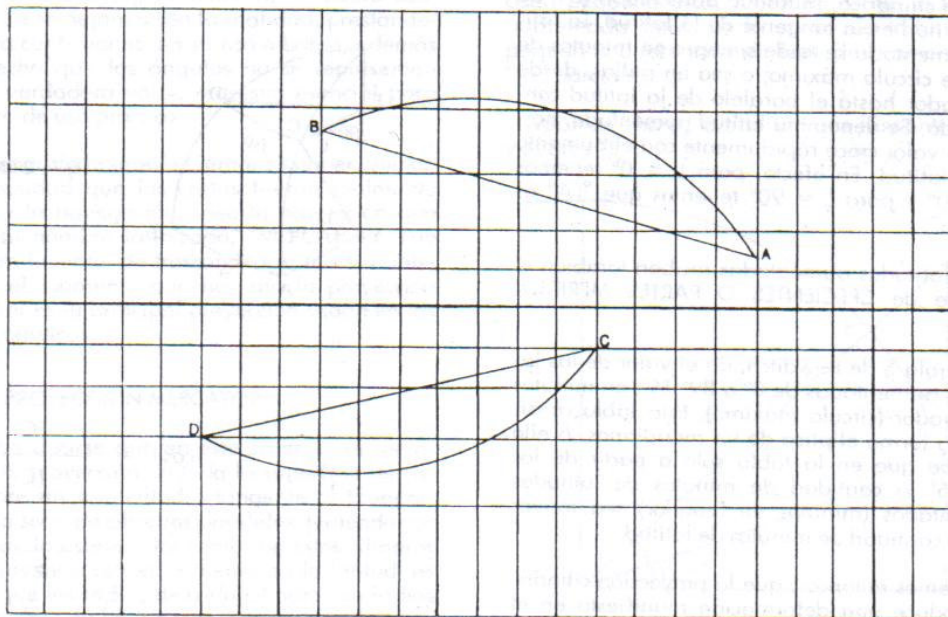


Figura 2.04 b



Veremos en la materia que sigue a continuación en que forma se distorsionan las áreas proyectadas en la proyección cilíndrica.

## 2.05 LATITUD AUMENTADA (LA).

Se llama latitud aumentada a la dimensión en millas que tiene un arco de meridiano, desde el ecuador hasta una latitud dada, medido en el plano de proyección.

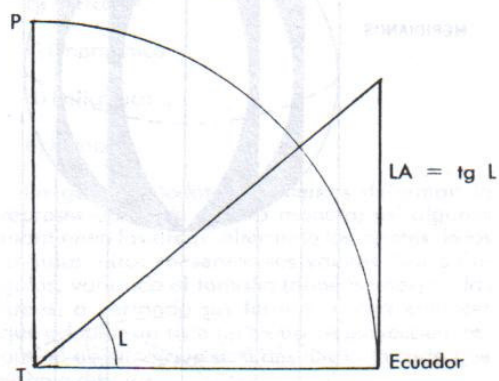


Figura 2.05 a

En la figura 2.05-a, se observa que en la proyección cilíndrica, la latitud aumentada (LA) de una latitud es la tangente de la latitud. La latitud aumentada se mide siempre en minutos de arco de círculo máximo, o sea en millas, desde el Ecuador hasta el paralelo de la latitud considerada. Se denomina latitud aumentada, porque su valor crece rápidamente con el aumento de la latitud. En efecto, para  $L = 0^\circ$  tenemos  $LA = 0'$  y para  $L = 90^\circ$  tenemos que "LA" es infinita.

Las latitudes aumentadas reciben también el nombre de CRECIENTES O PARTES MERIDIONALES.

La tabla 5 de Bowditch, da el valor de las latitudes aumentadas de  $0^\circ$  a  $89^\circ 59'$ , en minutos de Ecuador (círculo máximo). Esta tabla considera la forma elíptica de los meridianos. A ello se debe que en la tabla sólo a partir de los  $11^\circ 26'$  la cantidad de minutos de latitudes aumentados (minutos de Ecuador) sea mayor que la cantidad de minutos de latitud.

Tenemos entonces, que la proyección cilíndrica produce una deformación manifiesta en el sentido de la latitud en función de la tangente; pero como en esta proyección, los meridianos se proyectan en forma paralela entre sí, veremos

que el dibujo se distorsionará también en el sentido de la longitud, de modo que en la carta el arco de paralelo comprendido entre dos meridianos aumentará con la latitud, pero de acuerdo con la secante de ella.

La distancia que hay en la tierra entre los meridianos que pasan por dos lugares de diferentes longitudes, medidos sobre el paralelo de los dos lugares o sobre el paralelo de la latitud media entre ellos, se llama "APARTAMIENTO".

El apartamiento se mide en millas o en minutos de latitud y se representa por "ap" para distinguirse de la diferencia de longitud que hay entre dos meridianos medidos en el Ecuador, lo cual se representa por "g".

Se sabe que en la esfera dos arcos son entre sí como sus radios; luego:

$$\frac{\text{arco de paralelo}}{\text{arco de Ecuador}} = \frac{r}{R}$$

En la figura 2.05-b se tiene que el triángulo TEC es rectángulo en E; que el lado TC = al radio terrestre R y que EC = al radio del arco de paralelo. En la misma figura se observa que el ángulo ECT = latitud (L), por lo tanto:

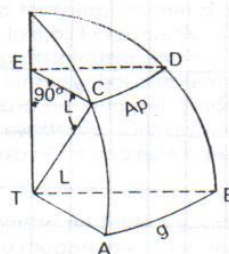


Figura 2.05 b

$$\cos L = \frac{EC}{TC} = \frac{r}{R}$$

Como:

$$\frac{\text{arco de paralelo}}{\text{arco de ecuador}} = \frac{r}{R}$$

$$\begin{aligned} \text{Tenemos: } \cos L &= \frac{\text{arco de paralelo}}{\text{arco de ecuador}} \\ &= \frac{ap}{g} \end{aligned}$$

$$\text{Donde: } g = ap \cdot \sec L$$

$$ap = g \cdot \cos L$$

Pero, como en la carta se tiene que los meridianos son paralelos entre sí, debido a la proyección usada, resultará que en ellos "ap" será igual a "g"; luego el valor del apartamiento proyectado en la carta será igual a  $ap \cdot \sec L$ . Se ve entonces, que en la carta tenemos un apartamiento agrandado en secante de la latitud y, como la latitud se agrandaba con la tangente de ella; resulta que en la proyección cilíndrica se pierde la semejanza, puesto que los mares y continentes dibujados por este sistema, quedan agrandados lateralmente en sentido de la longitud con la secante de la latitud y agrandados verticalmente en sentido de la latitud con la tangente de ella.

Estando la proyección cilíndrica en función de distintas líneas trigonométricas, no podrá conservar la semejanza con la realidad, prestándose para confusiones, en su uso a bordo, además del hecho que los ángulos no se representan en su verdadero valor, requisito esencial para que sea de uso práctico.

El geógrafo holandés Gerhard Kremer, viendo la necesidad que las cartas fueran realmente útiles a la navegación, ideó la proyección que lleva su nombre latinizado, "MERCATOR". Fue un gran invento, de trascendencia incalculable, desde el momento que hoy día la proyección Mercator es la principal proyección usada en las cartas náuticas.

## 2.06 PROYECCION MERCATOR.

Puede decirse que en este sistema, se reemplaza la proyección de toda la superficie terrestre sobre un solo cilindro tangente al Ecuador, por una serie de cilindros paralelos, teniendo por eje el de la esfera y los radios de estos cilindros disminuyendo con el aumento de la latitud; es decir, que los radios de cada cilindro son radios del paralelo de latitud y corresponden a la base donde el cilindro corta la superficie de la tierra; figura 2.06-a.

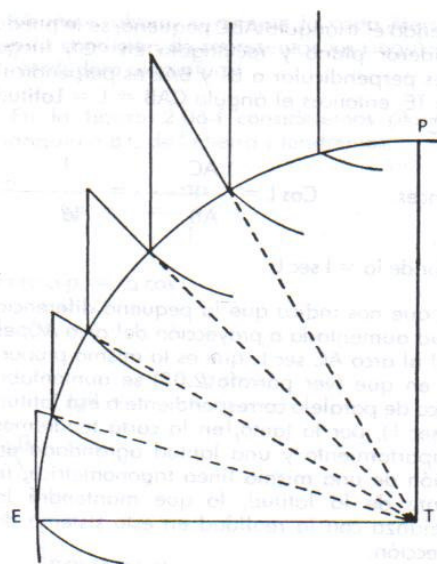


Figura 2.06 a

En la figura 2.06-b se tiene que "la" (diferencia de latitud aumentada), de cada uno de estos pequeños arcos "l" de meridiano es la generatriz del cilindro comprendido entre los dos radios de cada pequeño arco. Y naturalmente, la latitud aumentada total, es la suma de todas estas pequeñas diferencias de latitudes aumentadas "la" parciales.

Veamos ahora, la relación que hoy entre "la" y el arco "l".

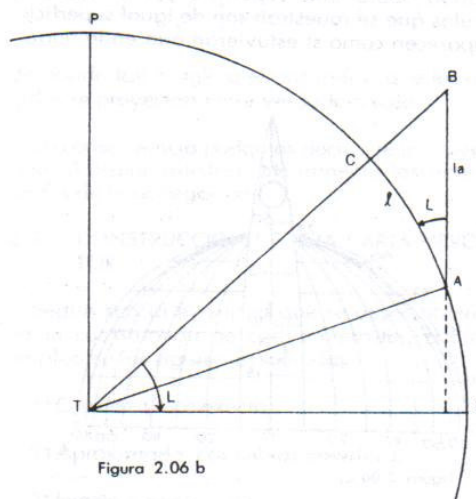


Figura 2.06 b



Siendo el triángulo ABC pequeño, se le puede considerar plano y rectángulo en "C"; luego AC es perpendicular a BT y BAE es perpendicular a TE, entonces el ángulo CAB = L = Latitud de "C".

$$\text{Entonces: } \cos L = \frac{AC}{AB} = \frac{l}{la}$$

de donde  $la = l \sec L$

Lo que nos indica que la pequeña diferencia latitud aumentada o proyección del arco AC, es igual al arco AC  $\sec L$ ; que es la misma proporción en que (ver párrafo 2.05) se aumentaba el arco de paralelo correspondiente a esa latitud (op  $\sec L$ ); por lo tanto, en la carta tendremos un apartamiento y una latitud agrandada en función de una misma línea trigonométrica, la secante de la latitud, lo que mantendrá la semejanza con la realidad en este sistema de proyección.

La latitud aumentada del punto "C" es la suma de todas las diferencias de latitudes aumentadas (la) que hay desde el Ecuador "E" hasta "C".

Así la distorsión en la carta Mercator ocurre en ambas direcciones, manteniendo la misma "forma" en un área relativamente pequeña, pero aumentando su área aparente, como se ilustra en las figuras 2.06-c-d-e.

En la figura 2.06-c una porción de superficie de la esfera terrestre, comprendida entre dos meridianos, ha sido desprendida y ha quedado proyectada sobre una superficie plana. Los dos círculos que se muestran son de igual superficie y aparecen como si estuvieran aun en la tierra.

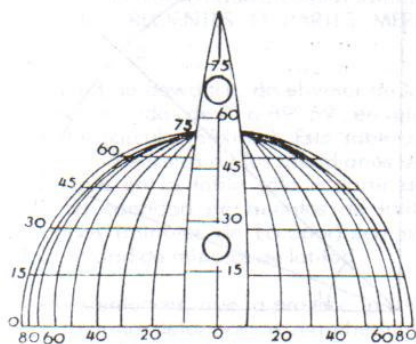


Figura 2.06 c

En una proyección Mercator los meridianos deben ser paralelos. Para conseguirlo, habrá que expandir los paralelos de latitud entre los meridianos como se muestra en la figura 2.06-d.

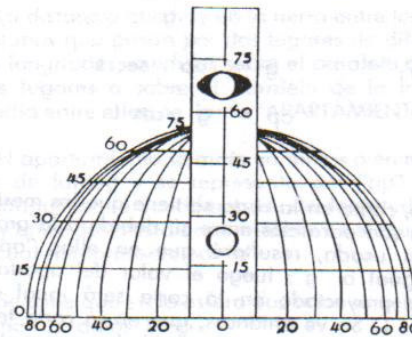


Figura 2.06 d

En esta figura, puede observarse como los dos círculos se han deformado y aparecen como elipses (las áreas sombreadas). Esta distorsión que obliga a una superficie determinada a perder su semejanza, haría las cartas inútiles al navegante, ya que éste, no podría comparar lo que tiene en la carta con lo que realmente ha observado. De acuerdo con esto, para conseguir la proporción correcta los meridianos también son expandidos en la misma razón que los paralelos. Esto da lugar a que el sector de la figura 2.06-c aparezca como el rectángulo de la figura 2.06-e en la carta.

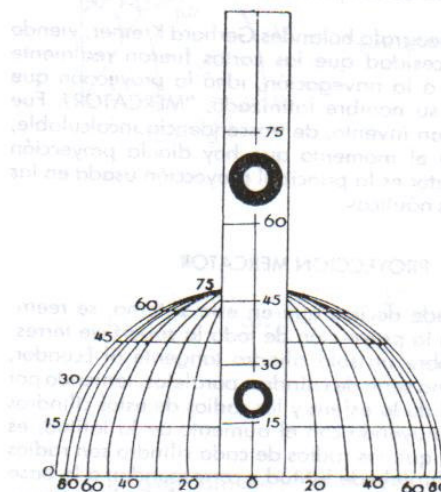


Figura 2.06 e

Comparando las dos figuras, se verá que, según la latitud aumenta, los paralelos se separan cada vez más y consecuentemente los meridianos se separan proporcionalmente. Los dos círculos vuelven a tener su forma original, pero son sólo aparentemente mayores y desiguales, ya que la escala se ha agrandado proporcionalmente como puede observarse en la misma figura 2.06-e.

Veamos, ahora, si cumple la carta Mercator con la condición de representar los ángulos en su verdadera magnitud.

En la figura 2.06-f consideremos plano el triángulo A B C de la tierra y tendremos:

$$\operatorname{tg} R = \frac{ap}{l}$$

$$\text{Pero } ap = g \cos L$$

luego:

$$\operatorname{tg} R = \frac{g \cos L}{l}$$

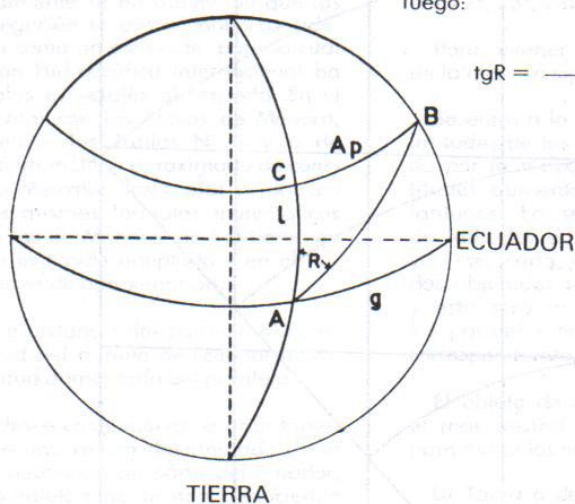


Figura 2.06 f

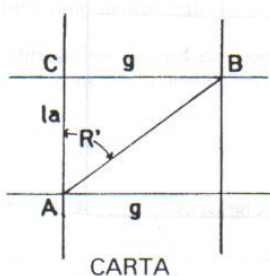


Figura 2.06 g

En la carta tenemos (figura 2.06-g).

$$\operatorname{tg} R' = \frac{g}{la}$$

pero hemos visto que:  $la = l \sec L$ .

$$\text{luego } \operatorname{tg} R' = \frac{g}{l \sec L} = \frac{g \cos L}{l}$$

de donde  $\operatorname{tg} R = \operatorname{tg} R'$  que nos indica que los ángulos se proyectan en su verdadero valor.

En consecuencia podemos decir que la proyección Mercator satisface plenamente las necesidades de la navegación.

## 2.07 CONSTRUCCION DE UNA CARTA MERCATOR.

Según sea la exactitud que se desee obtener en la construcción de cartas Mercator, podrán emplearse los siguientes métodos:

- 1) Gráfico. (Poco exacto).
- 2) Aproximado, por Tablas Bowditch.
- 3) Exacto o de Mónaco.



A continuación se da una explicación detallada solamente del trazado de la carta o esqueleto para los dos primeros métodos, en consideración a que tanto el método de Mónaco como la técnica de efectuar el dibujo de las costas, etc., corresponden al Manual de Hidrografía.

## 2.08 METODO GRAFICO.

Se usa cuando se desea construir rápidamente una carta Mercator. El empleo más indicado es para plotting de ejercicios u otros similares, siempre que el área de la cual se construya la carta, no sea mayor de 4 grados en latitud y que ésta, no sobrepase el paralelo de los 60 grados.

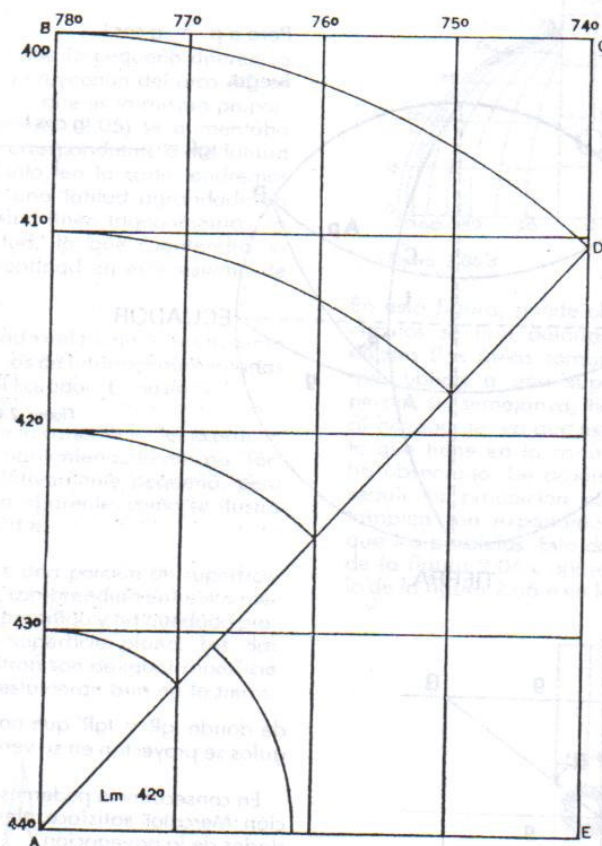


Figura 2.08

Supongamos que deseamos construir una carta que abarque entre  $L = 40^\circ$  y  $44^\circ$  Sur y  $G = 74^\circ$  a  $78^\circ$  W. (Figura 2.08). Separación entre meridiano 20 mm.

Tracemos una línea horizontal A E y levantamos desde A una perpendicular A B. En A copiamos el ángulo DAE igual a la latitud media,  $42^{\circ}$ . A partir de A y en el paralelo A E apliquemos la magnitud que hemos acordado dar entre meri-

diano, 20 milímetros. Levantemos las perpendiculares por cada uno de ellos que serán paralelas a A B, obteniendo la red de meridianos.

Los puntos en que los meridianos se cortan con el lado AD del ángulo DAE dará el valor de la "secante de la latitud media", esto es "de la latitud aumentada" que le corresponde; la que abatida al meridiano, indicará el punto por el que pasa el paralelo correspondiente, que trazaremos, obteniendo la red de paralelas.

Dividiendo la distancia que hay entre los meridianos y los paralelos entre sí, obtendremos la subdivisión correspondiente en la escala de latitudes y longitudes.

Hay que tener presente que el hecho de calcular la secante con la latitud media, no es exacto, por lo que una carta así construida, debe considerarse como un medio de fortuna.

## 2.09 METODO APROXIMADO POR TABLAS BOWDITCH.

Internacionalmente se ha convenido que las cartas de navegación se confeccionen considerando la tierra como un esferoide, para lo cual la Organización Hidrográfica Internacional ha publicado Tablas especiales al respecto. En el caso de no contar con las Tablas de Mónaco, pueden emplearse las Tablas N° 5 y 6 de Bowditch como un método aproximado de construir una carta Mercator; las cuales se dan en función de las mismas fórmulas matemáticas empleadas en las de Mónaco, pero difieren en los valores del esferoide adoptado y en el número de decimales de aproximación.

Sabemos que distancia del paralelo al Ecuador = magnitud del minuto de Ecuador multiplicado por latitud aumentada del paralelo.

Cuando se desee confeccionar, a gran tamaño, la carta de una región determinada de la tierra, no hay necesidad de partir del Ecuador, sino que del paralelo más cercano, deduciendo la distancia entre los siguientes mediante la diferencia en latitudes aumentadas (la).

Por ejemplo: Dibujemos la red de paralelos y meridianos para una carta entre los 72° y

77° W. y los 30° a 34° S., a una escala de un grado en longitud igual 3 centímetros, es decir que un minuto de longitud tiene una magnitud de 0.5 mm. en la carta. Los meridianos y paralelos se trazarán de grado en grado.

Tracemos en la parte baja del papel una horizontal que representará el paralelo más austral, 34°, el que dividiremos en 5 partes de a 3 centímetros cada una (separación iguales de los meridianos entre sí). Por estos puntos levantamos perpendiculares que serán los meridianos, que enumeraremos a partir de la derecha por 72°, 73°, 74°, 75°, 76° y 77° W.

Para obtener la red de paralelos operaremos de la manera siguiente:

Se entra a la Tabla N° 5 de Bowditch con las latitudes de los paralelos por trazar, empezando por la mayor, obteniendo con ello las "Latitudes aumentadas" (LA) para las diferentes latitudes. En seguida, se saca la diferencia de latitudes aumentadas entre la latitud mayor con cada uno de las otras. Los resultados obtenidos se reducen a la escala elegida, y esto será la separación en centímetros de los paralelos entre el base (más austral) y el correspondiente.

El objeto de apoyar la red de paralelos en el más austral y de ahí situar los demás, es para evitar los errores acumulativos.

La Tabla 6 de Bowditch da la magnitud del grado terrestre, tanto en Longitud (arco de paralelo), como en Latitud (arco meridiano) en millas y en metros, para cada grado en Latitud desde 0° a 90°. Tabla que permite construir cartas a la escala que se desea.

CUADRO INDICATIVO DEL PROCESO

| Lat. | LA<br>Tabla 5 | la<br>(Diferencia) | Escala                          | Separación |
|------|---------------|--------------------|---------------------------------|------------|
| 34°  | 2158',4       |                    |                                 |            |
| 33°  | 2086',8       | 71,6               |                                 | cmts.      |
| 32°  | 2016',0       | 142,4              | 60' = 3 cmts.<br>(1' = 0.5 mm.) | 3,58       |
| 31°  | 1946',0       | 212,4              |                                 | 7,12       |
| 30°  | 1876',7       | 281,7              |                                 | 10,62      |
|      |               |                    |                                 | 14,08      |



Por ejemplo:

Supongamos que se desea construir la red de meridianos y paralelos de una carta entre el paralelo 33° S y 37° S entre longitudes 71° W y 74° W a escala 1 : 500.000, trazando los paralelos y meridianos cada 30 minutos.

De lo que hemos visto sobre la proyección Mercator, se deduce que esta proyección es exacta únicamente en el paralelo correspondiente a la "latitud media". Según esto, los meridianos estarán separados una magnitud igual a la correspondiente al apartamiento en el paralelo de la latitud media, magnitud que se denomina "minuto de ecuador".

Comprendido lo anterior, procedemos:

1° A determinar la magnitud del "minuto de ecuador en la latitud media" de la carta en proyecto y a la escala ordenada.

Paralelo superior = 33° 00' S.  
Paralelo inferior = 37° 00' S.

Suma = 70° 00'

Latitud media = 35° 00' S.

Merid. oriental = 71° 00' W.  
Merid. occid. = 74° 00' W.

Dif = 03° 00' W.  
180' W.

Con la latitud media 35°, se entra a la tabla 6 de Bowditch y obtiene:

1° de G = 91290 metros:

1' de G = 91290 : 60 = 1521,5 metros

lo que a escala =  $\frac{1521,5}{500.000}$

= 0,003043 mts.

entonces: 1 minuto de ecuador = 3,043 mm.

De donde el ANCHO de la carta será:

180' x 3,043 = 547,74 mm.

2° Cálculo del ALTO.

De la tabla 5 de Bowditch obtenemos:

Lat. aumentada para 37° = 2378,5  
Lat. aumentada para 33° = 2086,8

Dif. Lat. aum. = 291,7

Luego alto será = 291,7 x 3,043  
= 887,643 mm.

Con el ancho y el alto se está en condiciones de dibujar el rectángulo exterior de la red de meridianos y paralelos de la carta.

3° Trazado de los paralelos de 30 en 30 minutos.

| Latitud | LA      | la    | Escala         | Separación |
|---------|---------|-------|----------------|------------|
|         | Tabla 5 |       |                |            |
| 37° 00' | 2378,5  |       | 1' = 3,043 mm. | mm.        |
| 36° 30' | 2341,3  | 37,2  |                | 113,200    |
| 36° 00' | 2304,2  | 74,3  |                | 226,095    |
| 35° 30' | 2267,4  | 111,1 |                | 338,077    |
| 35° 00' | 2230,9  | 147,6 |                | 449,147    |
| 34° 30' | 2194,5  | 184,0 |                | 559,912    |
| 34° 00' | 2158,4  | 220,1 |                | 669,764    |
| 33° 30' | 2122,5  | 256,0 |                | 779,008    |
| 33° 00' | 2086,8  | 291,7 |                | 887,643    |

4° Trazado de los meridianos cada 30 minutos.

Como la separación entre ellos es constante,

basta multiplicar la diferencia en longitud en la base por el valor del minuto de ecuador, para obtener la distancia que los separa de aquel.

| Longitud | g   | Escala         | Separación |
|----------|-----|----------------|------------|
| 74° 00'  | —   | 1' = 3,043 mm. | mm.        |
| 73° 30'  | 30  |                | 91,290     |
| 73° 00'  | 60  |                | 182,580    |
| 72° 30'  | 90  |                | 273,870    |
| 72° 00'  | 120 |                | 365,160    |
| 71° 30'  | 150 |                | 456,450    |
| 71° 00'  | 180 |                | 547,740    |

## 2.10 ESCALAS EN UNA CARTA.

Como se expresó en el acápite 10 del párrafo 2.02, en las cartas se distinguen tres escalas:

1) La escala que indica la relación entre la carta y la parte de la tierra que representa, denominada Escala Numérica o Natural.

2) La escala de latitudes y longitudes, llamada Escala Marginal.

3) Las Escalas Gráficas que representan linealmente el largo de la milla, kilómetros y yardas.

Respecto a la primera, una ESCALA de 1 : 10.000, significa que la superficie que abarca la carta es 10.000 veces menor que en la realidad, es decir, 1/10.000 del tamaño natural.

$$\text{Escala} = \frac{\text{dimensión carta}}{\text{dimensión terreno}}$$

En toda carta debe figurar la escala a que fue hecha, indicando las unidades usadas; pero si ella fuera omitida, puede ser deducida, para lo cual es necesario conocer la distancia verdadera que existe en el terreno y en la carta entre dos puntos comunes, debiendo estar expresadas ambas magnitudes en las mismas unidades.

Ejemplo: El molo de un puerto mide 750 metros y en el plano 37½ mm. ¿Cuál es la Escala?

$$750 \text{ metros} = 750.000 \text{ mm.}$$

$$\text{luego, } 750.000 : 37,5 = 20.000$$

$$\text{Escala es} = 1 : 20.000$$

Es decir que un metro de dibujo en la carta representa 20.000 metros de terreno.

## 2.11 ESCALA DE LONGITUDES.

En la proyección Mercátor, los meridianos se dibujan paralelos entre sí y distanciados a una misma magnitud, luego la ESCALA DE LONGITUDES es constante.

Hemos visto que sólo en el ecuador el minuto de longitud es igual al minuto de latitud, pero a mayor latitud, los minutos en que estará dividido un paralelo en la carta, serán "minutos de apartamiento", considerados como "minutos de ecuador", y como  $ap = g \cos L$ , resultará que los minutos de la escala de longitudes, serán menores que los minutos de la escala de latitudes en una cantidad proporcional al coseno de la latitud.

LA ESCALA DE LONGITUDES SOLO SIRVE PARA MEDIR LONGITUDES Y LATITUDES AUMENTADAS. No se deben medir distancias en esta escala, porque daría valores erróneos.

## 2.12 ESCALA DE LATITUDES Y DISTANCIAS.

Anteriormente vimos que la escala de longitudes de una carta Mercátor es constante; en cambio en la tierra, la separación entre los meridianos va disminuyendo paulatinamente, hasta ser cero en los polos. Por otra parte la distancia angular entre los paralelos es constante en la tierra, pero para satisfacer las exigencias de "semejanza" en la carta Mercátor, debemos aumentar la distancia entre ellos en la misma



proporción que se aumentó la de longitudes; como sabemos esto se consiguió en las "latitudes aumentadas", que vienen a aumentar la separación entre los paralelos a medida que aumenta la latitud. Si nosotros dividimos por 60 la separación que hay entre dos paralelos que tengan una diferencia de un grado, tendremos el valor del minuto de latitud correspondiente, el que será más grande que el minuto de Ecuador en la relación siguiente:

En la carta: Milla de Latitud = Milla de Longitud  $\times$  sec L.

Ejemplo: En una carta cuyo paralelo central es 60° Sur se tiene que el minuto de Longitud dibujado es de 4 milímetros. ¿Cuál es la magnitud de un minuto de latitud dibujado?

$$\begin{aligned}\text{Milla de Latitud} &= 4 \times \sec. 60^\circ \\ &= 4 \times 2 = 8 \text{ mm.}\end{aligned}$$

Ejemplo: Las coordenadas exactas de un plano son: L = 33° 02' 10" S., G = 71° 38' 37" W. y su escala 1 : 20.000.

¿Cuál será la magnitud del minuto de latitud y de longitud en el plano?

De la Tabla 6 de Bowditch sacamos la magnitud de:

$$\begin{aligned}\text{Un Grado en Latitud } 33^\circ \\ = \dots\dots 110.901 \text{ metros.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{De donde un minuto} &= 110.901 : 60 \\ = \dots\dots 1848,3 \text{ metros.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Y a Escala } 1848,3 : 20.000 \\ = \dots\dots 0,09242 \text{ metros.}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Milla Latitud} &= 92,42 \text{ milímetros.} \\ \text{Milla Longitud} &= 92,42 \times \cos L \\ &= 92,42 \times 0,82867 \\ &= 76,58 \text{ milímetros.}\end{aligned}$$

También este valor se puede sacar de la Tabla de la columna correspondiente a la longitud.

Al aumentar la separación entre los paralelos, todas las superficies, tanto en tierra como en el mar, sufren el mismo aumento; por consiguiente, si deseamos medir una distancia entre dos puntos, debemos tomar como unidad de medida "la milla" en el paralelo medio entre ambos puntos, porque estará aumentada en la misma proporción. Cuando esta separación es muy grande, sobre 100 millas, debemos ir midiendo las distancias en forma parcial, sacándolas de

tramo en tramo a la altura del paralelo que corresponda.

## 2.13 GRADUACION DE LA ESCALA MARGINAL.

Con el objeto de poder medir distancias o sacar coordenadas, las cartas traen graduadas las escalas de Latitudes y Longitudes.

La escala de longitudes viene en los paralelos de los márgenes superior e inferior. En la práctica conviene cerciorarse cual es la máxima aproximación que se puede obtener en la carta por la cual se navega, pues no todas las hacen al minuto. Tenga presente que esta escala sólo sirve para sacar longitudes o latitudes aumentadas y en "ningún caso para medir distancias". Fíjese bien, en el sentido que aumentan, sabiendo que longitudes Weste lo hacen a la izquierda y en longitudes Este aumentan a la derecha.

La escala de latitudes está graduada en los meridianos de los bordes derecho e izquierdo. Tenga presente que en latitudes Sur aumenta hacia abajo y en las Norte hacia arriba, y que en esta escala se miden las latitudes y todas las distancias. Debe cerciorarse la máxima aproximación que le da la carta.

## 2.14 ESCALAS GRAFICAS.

Para facilitar el uso del radar, en los planos se dibuja una escala gráfica en los bordes derecho o izquierdo, graduadas en yardas. Además, los planos de puertos traen una representación lineal generalmente del largo de un kilómetro, de acuerdo a la escala natural, con las subdivisiones correspondientes.

## 2.15 TAMAÑO A QUE SE CONFECCIONAN.

Según sea su escala, uso y detalles que contienen, las cartas de navegación se confeccionan en tres tamaños, denominados: punto menor, punto mayor y planos.

Las de punto menor, en proyección Mercator, abarcan una gran superficie de mar con las costas adyacentes, destinadas en general al trazado de las derrotas loxodrómicas. Su escala es menor que 1 : 500.000 y no dan detalles para una navegación segura en las cercanías de la costa.

Las de punto mayor, también en proyección Mercator, abarcan áreas más reducidas de mar y de costa, conteniendo todos los detalles para hacer segura y correcta la navegación costera o



en canales, pasos y estrechos. Su escala está comprendida entre 1 : 500.000 a 1 : 50.000.

Los planos se confeccionan a escalas mayores de 1 : 50.000 y representan pequeñas extensiones de mar y tierra proyectadas directamente sobre un plano tangente a su superficie en la latitud media. Están destinadas para los puertos, bahías, pasos o parajes peligrosos, donde el navegante necesita el máximo de detalles para conducir la nave con toda seguridad. Dada su reducida extensión no se experimentan deformaciones al considerar plana la superficie terrestre hasta 80 millas.

## 2.16 SITUAR UN PUNTO EN LA CARTA.

Un punto en la carta se puede situar de tres maneras:

- a) Por coordenadas.
- b) Por demarcación y distancia a un punto conocido.
- c) Por dos o más demarcaciones a puntos conocidos.

a) **POR COORDENADAS.** - Marque en la escala de Latitud la del punto a situar. Coloque las paralelas exactamente en el paralelo más cercano a la latitud del punto y llevese cuidadosamente hasta ella, trazando una línea que será el paralelo de la latitud a situar. En seguida marque en la escala de Longitudes, en el margen más cercano a la Latitud situada, la longitud del punto. Coloque las paralelas exactamente en uno de los meridianos y llévese cuidadosamente hasta el punto de la longitud marcada en la escala, trazándose desde él, el meridiano correspondiente. Donde corte este meridiano al paralelo, estará el punto buscado, el que se marca con un pequeño círculo.

b) **POR DEMARCACION Y DISTANCIA A UN PUNTO CONOCIDO.** - Por ser muy práctico, es común dar la situación de una nave con referencia a un punto notable, como ser: faro, baliza, etc., o bien de otro buque cuya posición se conozca.

Habrà que tener especial cuidado al hacerlo ya que la posición está con respecto a la referencia. Para mayor claridad vamos a ilustrarnos con un ejemplo.

Supongamos que un buque comunica estar a las 1200 hrs. al 300° y a 15 millas del faro de Lengua de Vaca. Se pide la situación en la carta.

Valiéndose de la Rosa verdadera colocará sus paralelas exactamente en la graduación centro 300° y la transportará con cuidado hasta el faro, desde donde trazará una línea en dirección al 300°, que será la dirección o demarcación en que se encuentra el buque desde el faro. A continuación con un "compás de punta seca", medirá en la escala de latitudes y frente a la latitud media entre el faro y el buque, la distancia de 15 millas que aplicará, desde el faro, sobre la demarcación, dando la situación del buque en la carta, que se marcará con un pequeño círculo.

## c) POR DOS O MAS DEMARCACIONES A PUNTOS CONOCIDOS.-

Para este sistema bastará trazar en la carta las demarcaciones verdaderas que se han determinado; la intersección de ellas en la carta situará el punto.

## 2.17 DADO UN PUNTO DEDUCIR SUS COORDENADAS.

Existen dos métodos:

- a) Con paralelas.
- b) Con compás de punta seca.

a) **CON PARALELAS.** - Se coloca el canto de las paralelas exactamente en uno de los paralelos de la carta, y se traslada cuidadosamente hasta el punto, leyendo en la escala del meridiano del margen la latitud que le corresponde.

La longitud se obtiene colocando las paralelas en el meridiano más cercano al lugar, se lleva con cuidado al punto y se lee en el paralelo del margen la longitud que le corresponde.

b) **CON EL COMPAS DE PUNTA SECA.** - Se coloca el compás de punta con una pata en el punto cuyas coordenadas se desean determinar y se abre hasta tener la menor distancia al paralelo más proximo; obtenida ésta la llevamos al meridiano marginal y con una pata en el paralelo al cual se midió, vemos donde cae la otra, cuya latitud leeremos.

En igual forma se procede para obtener la longitud, refiriéndola a un meridiano.

## 2.18 SACAR RUMBOS DE LA CARTA.

No ofrece dificultades obtenerlo. Si se tiene en la carta el punto donde se encuentra la nave y el punto a donde se va a dirigir, bastará unir con una línea recta estos dos puntos, que será la línea de rumbo o loxodrómica para ir de uno a



otro. Su valor se determina, colocando las paralelas exactamente sobre ella y llevándola a la rosa más cercana leerá en la Rosa verdadera el rumbo que será el Rv. a gobernar. Si a este le corrige el error del girocompás obtendrá el rumbo del girocompás que le corresponde. Si gobierna por compases magnéticos al Rv. deberá corregirle la variación magnética tomada de la carta de valores magnéticos y el desvío para la dirección de la proa, sacado de la curva correspondiente.

Cuando el rumbo a que se gobierna se mantiene por un gran lapso, debe ser corregido a medida que cambia la Vmg.; especialmente en aquellos lugares en que ésta cambia rápidamente.

En las cartas se trabaja con elementos verdaderos, en consecuencia, cuando se dan del compás deben reducirse a verdaderos antes de llevarlos a la carta.

## 2.19 CLASIFICACION DE LA PROYECCION MERCATOR.

Usualmente se clasifica según el tipo de superficie de desarrollo a la cual es proyectada la superficie terrestre, y según donde esté la superficie de tangencia, pueden ser:

Ecuatorial, plano tangente al Ecuador.

Polar, plano tangente al polo.

Oblicua, plano tangente en un punto intermedio.

El nombre de una proyección a menudo indica su tipo y a veces su principal rasgo o fisonomía.

La proyección usada, más frecuentemente por los marinos es la llamada Mercator. Clasificada de acuerdo al tipo, ésta es una proyección cilíndrica ecuatorial; siendo el cilindro concebido tangente a lo largo de todo el Ecuador y paralelo al eje de la tierra. Una proyección similar, basada sobre un cilindro tangente a lo largo de todo un meridiano es llamada "Mercator transversal", a veces denominada también, "Mercator inversa". En este tipo, el cilindro de proyección sería perpendicular al eje terrestre.

Si imaginamos un cilindro de proyección, tangente a lo largo de un círculo máximo que no sea el Ecuador o un meridiano, la proyección es llamada "Mercator oblicua".

## 2.20 PROYECCION MERCATOR TRANSVERSAL Y OBLICUA.

Si los principios Mercator son usados para construir una carta, pero con el cilindro tangente a lo largo del meridiano resulta una proyección Mercator Transversal. La palabra "inversa" es algunas veces usada en lugar de "transversal" con el mismo significado. Si el cilindro es tangente a algún círculo máximo que no sea el Ecuador o un Meridiano, la proyección es llamada Mercator Oblicua. Estas proyecciones usan un cuadrículado ficticio similar, pero diferente de la conocida red de meridianos y paralelos. En este tipo de proyecciones, el círculo máximo tangente es el "Ecuador ficticio" y a 90° de él están los "Polos ficticios". Un grupo de círculos máximos a través de estos polos y perpendiculares al círculo máximo tangente son los "Meridianos ficticios" mientras una serie de círculos paralelos al círculo máximo tangente forman los "Paralelos ficticios".

Los meridianos y paralelos que en una carta Mercator son líneas rectas, en una Mercator Transversal y Oblicua, aparecen como líneas curvas.

Una línea recta en la proyección Mercator Transversal u Oblicua, forma ángulos iguales con los meridianos ficticios pero no con los meridianos terrestres. Es por lo tanto una "línea de rumbo ficticio". Cerca del círculo máximo tangente, una línea recta se aproxima al círculo máximo. Es en esta área donde la carta es más útil.

En la proyección Mercator Transversal el área mínima de distorsión está cerca del meridiano, lo que lo hace particularmente útil para cartas que cubren una gran extensión en latitud y relativamente angosta a cada lado del meridiano tangente.

Asimismo como ella permite proyectar los polos, se usa para cartas donde aparecen las regiones polares.

La carta de proyección Mercator Transversal se usa generalmente con un cuadrículado o Grid que se superpone sobre las cartas de esta proyección. Consiste en meridianos y paralelas similares a los verdaderos próximos al Ecuador. Así, el navegante acostumbrado a usar una carta Mercator en latitudes bajas no encuentra dificultad en la transición a una carta polar en latitudes altas; continúa midiendo la distancia de la manera usual y una línea recta en su carta mantiene igual relación con los meridianos y paralelos fic-



ticios que con los meridianos y paralelos verdaderos próximos al Ecuador; o sea, una loxodrómica ficticia que se aproxima mucho al círculo máximo cercano al Ecuador ficticio. Cuando la variación relativa a un meridiano ficticio determinado es conocida, la loxodrómica ficticia, puede seguirse con un compás tan fácilmente como una loxodrómica cercana al Ecuador.

## 2.21 PROYECCION GNOMONICA.

La necesidad de tener una carta en la que los círculos máximos se pudieran trazar como rectas, dió origen a este sistema.

En esta proyección el punto de vista está en el centro de la tierra y el plano de proyección es un plano tangente a ella en el Ecuador, en el Polo o en cualquier punto, de manera que todos los círculos máximos serán rectas.

Cuando el plano es tangente al Ecuador, la carta resultante se llama "meridiana"; cuando es en el Polo, "carta polar", y cuando es en un punto intermedio, "gnomónica horizontal".

En la gnomónica meridiana, figura 221-a, el ecuador y los meridianos son líneas rectas; los paralelos son hipérbolas con su convexidad vuelta hacia el Ecuador y los meridianos se van separando a medida que se alejan del central (punto de tangencia), de tal manera que, el que dista  $90^\circ$  con aquel no tiene representación en el pla-

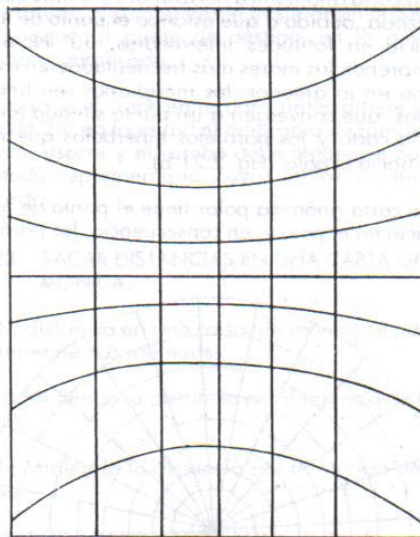


Figura 2.21 a

no de proyección. Igual cosa ocurre con los paralelos. En consecuencia, los polos no tienen cabida en esta carta y los ángulos no se proyectan en su verdadera forma, de modo que no dan rumbos directamente.

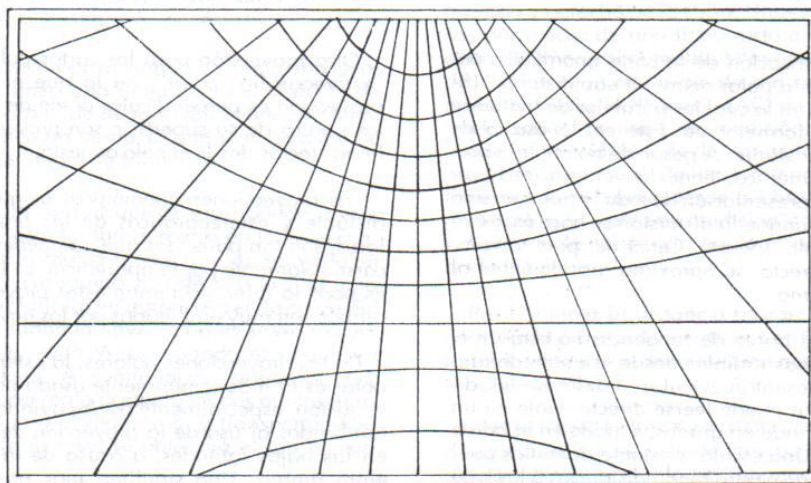


Figura 2.21 b



La carta gnomónica horizontal es la más generalizada, debido a que estando el punto de tangencia en latitudes intermedias,  $30^\circ$  N. o S. comprende los mares más frecuentados. En ésta, como en la anterior, los meridianos son líneas rectas, que convergen a un punto situado fuera de la carta y los paralelos hipérbolas que miran hacia el polo. (Fig. 2.21-b).

La carta gnómica polar tiene el punto de tangencia en el polo y, en consecuencia, los parale-

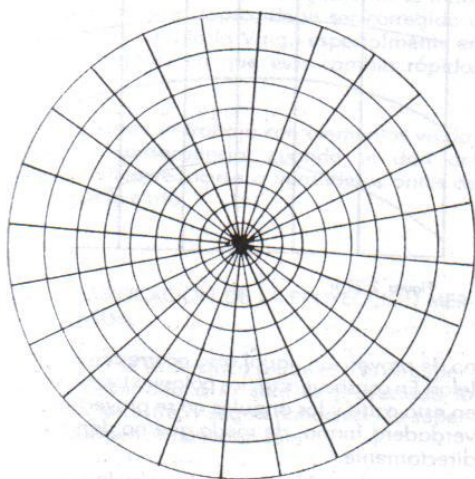


Figura 2.21 c

Una modificación de la carta gnomónica polar es la "carta polar azimutal equidistante" (figura 2.21-d) en la cual los paralelos de latitud se separan uniformemente. Esto es, la escala de latitud es constante. A pesar de no ser una proyección geométrica, tiene la ventaja de hacer posible la representación de toda la tierra en una sola carta, aunque la distorsión se hace excesiva cerca del polo opuesto. Cerca del polo tangente, la línea recta, se aproxima grandemente al círculo máximo.

Cuando el punto de tangencia no está en el polo, las líneas radiales desde el punto de tangencia representan círculos máximos. Su dirección inicial puede leerse directamente en un círculo graduado en grados, situado en el borde de la carta. Una escala constante de millas puede suministrarse para medir distancias a lo largo de las radiales. Semejante carta es de uso limitado, pues es de poco valor para cualquier otro punto que no sea el de tangencia.

los serán círculos concéntricos a él y los meridianos rectas radiales; el Ecuador no tiene cabida. (Fig. 2.21-c).

En general, la proyección gnómica es de escasa importancia, salvo para el objeto que le dió forma, debido a que la distorsión es muy grande aún para los lugares cercanos al punto de tangencia. La escala de distancia es un tanto complicada, como asimismo la Rosa para sacar rumbos.

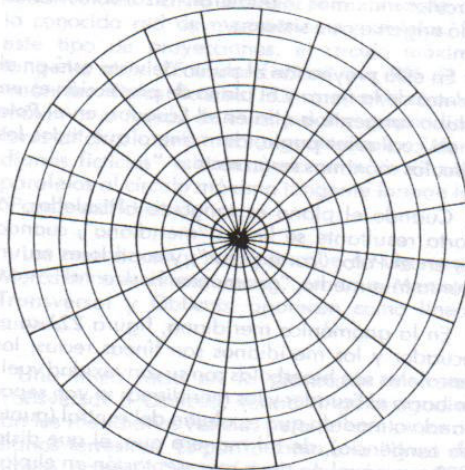


Figura 2.21 d

Otra proyección para las cartas polares es la "estereográfica polar", en la que el plano de proyección es perpendicular al eje de la tierra y los puntos de su superficie son proyectados por líneas rectas desde el polo opuesto.

Las proyecciones gnomónicas azimutal equidistante y estereográficas de las regiones polares, son tan parecidas que no pueden identificarse solamente por la apariencia. En la práctica es poca la diferencia entre estas proyecciones y ambas son muy empleadas por los navegantes.

De las proyecciones polares, la estereográfica polar es la más comúnmente usada para la navegación, especialmente por los aviadores, acostumbrados al uso de la proyección de Lambert, en las bajas latitudes, a causa de la similitud entre ambas. Una similitud más pronunciada existe con la proyección modificada de Lambert, que desarrollada para las cartas polares han ganado el favor de los navegantes aéreo-polares.



En esta proyección uno de los paralelos promedio, es colocado muy cerca del polo y toda la carta es alargada ligeramente en longitud a fin de que los paralelos de latitud aparezcan como círculos completos. Aparentemente esta proyección es casi idéntica a la estereográfica.

## 2.22 SACAR RUMBOS EN UNA CARTA GNOMONICA.

Se hace presente que en la explicación que daremos para el uso de una carta gnomónica, emplearemos las mismas letras que usan las cartas norteamericanas en sus ejemplos. Con ello pretendemos facilitar las explicaciones, si se tiene una de estas publicaciones a la vista.

La carta gnomónica no se usa en general como una carta de navegación; pero sí, como un simple medio para encontrar el rumbo y distancia ortodrómica, sin emplear fórmulas o tablas de navegación.

En las cartas gnomónicas norteamericanas los meridianos y paralelos están trazados de grado en grado y estos a su vez subdivididos por líneas de puntos de 15 en 15 minutos.

La latitud y longitud de cualquier punto, debe ser leída en la escala siguiendo la línea punteada correspondiente y no referidas directamente al margen como en las cartas Mercator.

Anotando las latitudes y longitudes de un número de puntos de la línea de rumbo o track, pueden ser transferidas a una carta Mercator para llevar la navegación por ésta.

Para determinar el rumbo en una carta gnomónica se traza una línea que une el punto de salida (A) con el de llegada (B). Sobre esta línea (AB) se marca un punto (D) que se elige a 20° de longitud del punto de salida (A).

Se saca la latitud que le corresponde a este punto (D) y esta latitud se marca en la línea central del diagrama de rumbo que va dibujada en la carta (D'). Enseguida, en este mismo diagrama se marca la latitud del buque (A') en la curva del lado Este cuando la nave va hacia el Oeste y en la curva del lado Oeste cuando el buque va hacia el Este. A continuación uniremos, por medio de una regla paralela los dos puntos marcados (A'D') en el diagrama, y transportándola al centro de la rosa, se obtendrá el rumbo verdadero.

De tiempo en tiempo es necesario ir enmendando el rumbo para mantener el buque si-

guiendo el círculo máximo. Para ello bastará determinar el rumbo desde la situación presente del buque al punto de destino, en la misma forma ya explicada.

Cuando el track entre dos puntos difiere menos de 20° en longitud el diagrama de rumbo no puede usarse y el rumbo debe obtenerse por el método suplementario, cuyas tablas vienen en la carta.

## 2.23 SACAR DISTANCIAS EN UNA CARTA GNOMONICA.

La distancia en una carta gnomónica se puede obtener de dos maneras:

a) Midiendo la distancia por diferencia de longitud.

b) Midiendo la distancia por diferencia de latitud.

A) POR DIFERENCIA DE LONGITUD.- Para medir la distancia entre dos puntos (A y B), trace una línea que los una y que llamaremos "línea de rumbo o track". Trácese enseguida una perpendicular desde el punto de tangencia ( $\oplus$ ) a la línea de track o su prolongación (C). Haciendo centro en el punto de tangencia ( $\oplus$ ) se abate el punto obtenido (C) sobre el meridiano del punto de tangencia, marcándolo en este meridiano (C'). Léase la latitud que corresponda a este punto (C') y márquelo en las pequeñas escalas que hay por el lado de afuera de los márgenes izquierdo y derecho de la carta. Unanse estas marcas por medio de una línea recta a través de la carta. La línea así obtenida es la llamada "línea de medición". Con la ayuda del compás o un papel se copia la distancia (AC) de la línea del track, sobre "la línea de medición", partiendo desde el meridiano de la tangencia hacia el punto de salida (Ca). De la misma manera registraremos la distancia desde (C) hasta el de llegada sobre la "línea de medición", desde el meridiano de la tangencia hacia el punto de llegada (Cb).

Para obtener la distancia bastará sacar de la carta la diferencia de longitudes en grados y minutos los que reducidos a minutos nos dará la distancia en millas.

B) POR DIFERENCIA DE LATITUD.- Para medir la distancia por este método, trace una perpendicular desde el punto de tangencia ( $\oplus$ ) a la línea de track o su prolongación (C). Haciendo centro en el punto de tangencia se abate el punto obtenido (C) hasta cortar el "arco de medida de



distancia" por diferencia de latitud (F). Sobre el meridiano del punto determinado (F) y desde él, cópiese hacia el Norte y hacia el Sur las distancias (AC) y (BC) respectivamente lo que nos dará (FA'') y (FB'').

La diferencia de latitud de los puntos (A'' y B'') expresados en minutos será la distancia en millas náuticas.

Si no alcanza a copiarse dentro de la magnitud a trazar hacia el Norte y hacia el Sur desde el punto (F), su magnitud puede ser trazada separadamente, hacia el norte o sur, según sea posible, y la distancia total será la suma de ambas.

## 2.24 DERROTA ENTRE DOS PUNTOS, UNO FUERA DEL LÍMITE DE LA CARTA.

Para extender una derrota desde un punto de una carta a otro situado fuera del límite de ella, se determina la diferencia de longitud entre los dos puntos, enseguida seleccione dos meridianos; uno de los cuales estará cerca del margen debiendo contener la diferencia de longitud que tienen entre sí el punto de salida con el de llegada. Si esta diferencia de longitud no pudiera ser contenida dentro de la carta, trabajará con el suplemento. Marque en el meridiano elegido más cerca al margen, la latitud del lugar que está fuera de la carta y en el meridiano interior elegido la latitud del lugar comprendido en la carta.

Una los puntos así marcados por una línea recta y anote sobre esta línea la latitud de un punto a 30° o 40° de diferencia de longitud desde el extremo interior. Esta latitud será la de un punto de la derrota verdadera a una diferencia igual de longitud desde el punto de salida hacia el de llegada.

La línea que une el punto de salida con el punto de la derrota determinada y su prolongación dará la derrota ortodrómica.

### Ejemplo:

Supongamos que deseamos trazar la derrota ortodrómica en una carta gnomónica entre Yokohama e Iquique y en la carta no alcanza a salir Iquique.

Determine la diferencia de longitud entre los dos puntos (150° 02') y su suplemento (29° 58'). Se elige un meridiano cerca del margen en la parte Este de la carta, (por ejemplo 130° W.) y en él se marca latitud (M) del punto de destino (Iquique) con signo contrario. También se marca

la latitud (N) del punto de salida (Yokohama) sobre un meridiano distante del anterior una diferencia de longitud igual al suplemento (130° W. + 29° 58' = 159° 58' W.). Coloque una regla sobre los dos puntos (MN) y anote la latitud de la intersección (P) sobre el meridiano elegido a un cierto número de grados de longitud (digamos 70°) más allá del segundo punto (N).

Esta latitud de (P) será latitud de un punto (P') de la derrota verdadera y a una igual diferencia de longitud (70°) desde el punto de salida (Yokohama) hacia el punto de llegada. Uniendo el punto de salida con (P') y prolongando hasta el margen se tendrá la derrota ortodrómica.

La distancia de los dos lugares (Yokohama e Iquique), será igual a 180° menos la distancia medida entre los puntos del track suplementario (NM).

## 2.25 DERROTA CRUZANDO EL ECUADOR.

Para trazar una derrota desde un punto en latitud Sur (Cape Town por ejemplo) a un punto en latitud Norte (Islas Bermudas), se plotea el último punto como si su latitud fuese Sur y se unen ambos puntos en latitud Sur (I. Bermudas y Cape Town) por una línea (MN). Marque sobre el Ecuador las intersecciones (m y n) de las perpendiculares de ambos puntos. Una estos cuatro puntos (Cape Town, m y Bermudas, n) diagonalmente, por líneas rectas. Por el punto de intersección (K) trace una línea paralela al meridiano que pasa por el punto de tangencia (20° W.). Esta línea interceptará la línea (MN) en un punto (P) cuya longitud es la del punto de cruce del track en el Ecuador. La derrota buscada se obtiene uniendo el punto de salida con el cruce en el Ecuador (q).

OTRO METODO.- Se puede utilizar también el sistema que a continuación se indica, para trazar una derrota cruzando el Ecuador. Vamos a trazar desde un punto en latitud Norte (Barbados) a un punto en latitud Sur (Sta. Elena). Se plotea este último punto como si su latitud fuese Norte. Se marca en el Ecuador las longitudes de ambas (m y n). Se unen estos cuatro puntos (Barbados, m y Sta. Elena, n) diagonalmente por líneas rectas. La longitud de su intersección (35° 47') será la longitud del punto de cruce del track en el Ecuador. La derrota buscada es la recta que une el punto de salida en latitud Norte (Barbados) y el punto de cruce en el Ecuador (q).

## 2.26 TRAZADO DE UNA DERROTA COMPUESTA.

A menudo la ortodrómica entre lugares situados en un mismo hemisferio culmina en altas latitudes, donde la navegación es casi imposible debido a la presencia de campo de hielos o de témpanos que la hacen peligrosa. En este caso el navegante, de acuerdo con las cartas "pilot" de la época, elige un paralelo como límite de acercamiento a las regiones peligrosas; paralelo que debe dejar un amplio margen de seguridad, ya que por ninguna razón el navegante comprometerá la nave en su afán de recorrer el camino más corto. Elegido el paralelo de seguridad, trácese en la carta gnomónica una línea que, partiendo del punto en que está la nave sea tangente al paralelo de seguridad, hágase lo mismo con respecto al punto de llegada. Estas dos tangentes representan las ortodrómicas a navegar; el arco de paralelo entre los puntos de tangencia será el tramo que se navegará en loxodrómica.

La transferencia de varios puntos de estas derrotas, en especial las coordenadas de los vértices, a la carta Mercator darán la derrota a seguir.

## 2.27 PROYECCION POLICONICA.

Esta proyección, figura 2.27-a, consiste en proyectar la Tierra sobre una serie de conos tangentes a ella en los paralelos que se desee; donde su base será el paralelo tangente y la cúspide estará sobre la prolongación del eje de la tierra.

Los grados de latitud y longitud se proyectan en su verdadera magnitud y la distorsión es mínima comparada con otros sistemas. Los meridianos toman una ligera curvatura hacia el polo, a medida que se alejan del central, el que se proyecta como una línea recta. Los paralelos aparecen como arcos de círculos no concéntricos (Figura 2.27-b).

La proyección policónica no es apropiada para propósitos de navegación, ya que la dirección y la distancia son difíciles de medir con exactitud, las loxodrómicas y los círculos máximos son líneas curvas y no hay ventajas que compensen su uso. Las proyecciones policónicas y la Mercator transversal o inversa son aparentemente similares. Sin embargo, los paralelos de latitud

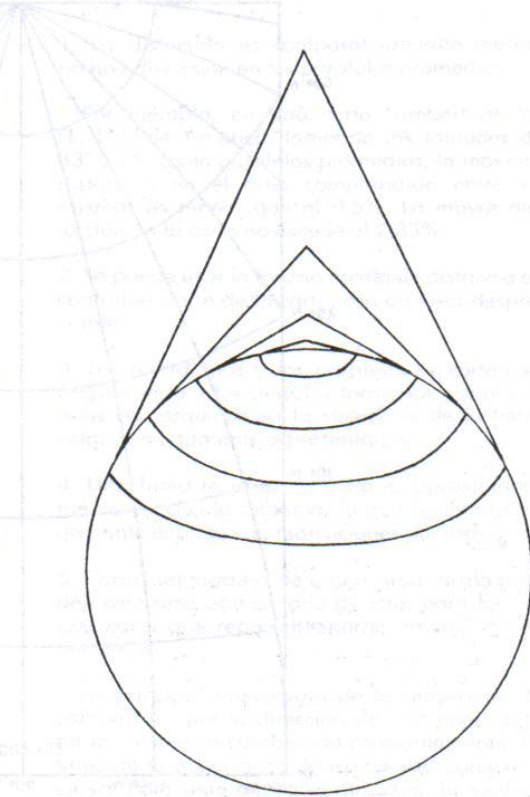


Figura 2.27 a

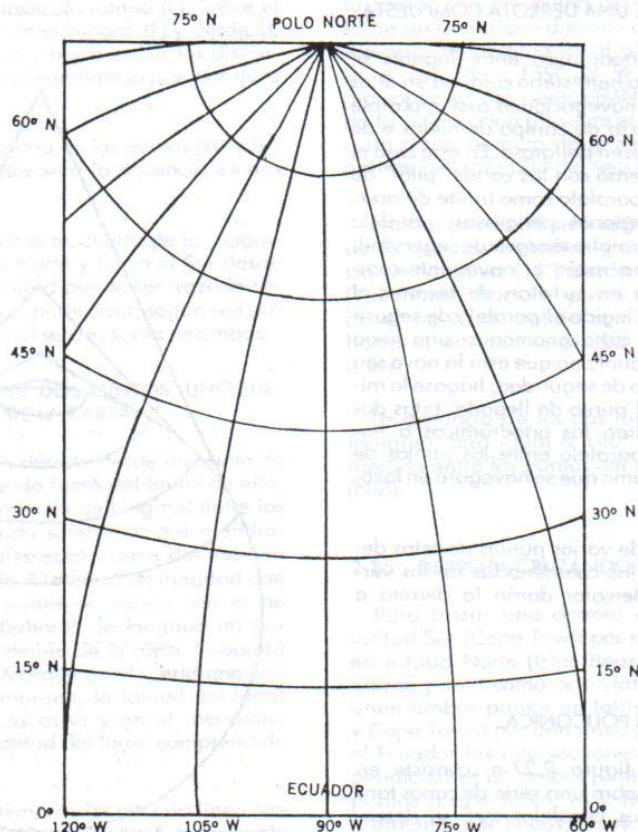
Proyección Policónica.

aparecen como círculos en la policónica y no así en la Mercator transversal. Aunque la proyección policónica es más complicada, se obtiene una distorsión menor.

No hay distorsión a lo largo del meridiano central y a menos que el ensanche en longitud sea grande, la máxima distorsión es pequeña.

Como las formas en la proyección policónica son más precisas que en cualquiera otra proyección, casi todos los mapas o atlas se construyen en esta proyección. Por la misma razón los servicios hidrográficos de EE.UU. la utilizan en las minutas para vaciar datos hidrográficos de un levantamiento.





CARTA EN PROYECCION POLICONICA

Figura 2.27 b

## 2.28 PROYECCION LAMBERT.

Este sistema consiste en proyectar la Tierra sobre un cono secante, que corta la superficie en dos paralelos de latitud.

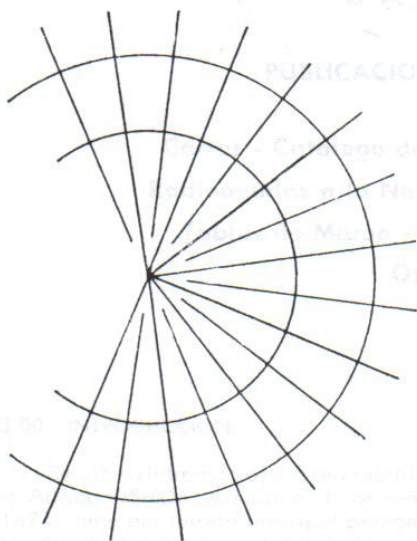
Al desarrollarlo resulta una carta en la que los meridianos son rectas que convergen hacia un punto situado fuera de ella y los paralelos son arcos de círculos concéntricos, cuyo centro está en la intersección de los meridianos (figuras 2.28-a y 2.28-b).

Los meridianos y paralelos, se cortan normalmente y el ángulo formado, por la intersección

de dos líneas indica exactamente el ángulo entre ellas; esto es, se proyectan en su verdadera magnitud. Este sistema se usa para proyectar grandes superficies. La distorsión se reduce debido a que tiene dos paralelos en que la proyección es exacta; la que queda entre estos está achicada y la de afuera agrandada. En general, los paralelos de intersección corresponden a un sector del área por levantar por sobre o debajo de ellos.

Esta cartas las usa la aviación debido que dan con relativa exactitud todas las características físicas del terreno; desgraciadamente, el rumbo no es loxodrómico, introduciendo un pequeño error aún en distancias pequeñas.

Figura 2.28 a

EL CONO EXTENDIDO Y HECHO PLANO PARA  
UNA CARTA LAMBERT

Las ventajas de la proyección de Lambert son las siguientes:

1. La distorsión es comparativamente menor, no hay distorsión en los paralelos promedios.

Por ejemplo, en una carta Lambert de los EE. UU. de America, tomando las latitudes de  $33^\circ$  y  $45^\circ$  como paralelos promedios, la máxima distorsión en el área comprendida entre los mismos es menor que el 0,5%. La mayor distorsión en la carta no excede al 2,33%.

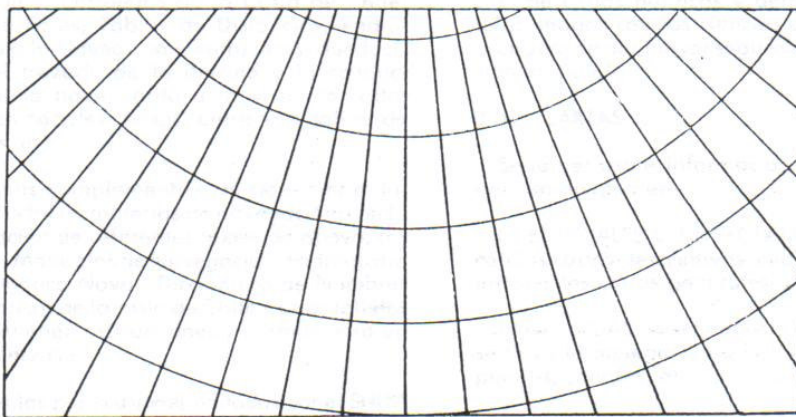
2. Se puede usar la misma escala de distancia en cualquier parte de la carta, con un error despreciable.

3. Los meridianos y los paralelos se cortan en ángulo recto y los ángulos formados por dos líneas cualesquiera en la superficie de la tierra están correctamente representados.

4. Una línea recta en la carta es aproximadamente un círculo máximo, lo que facilita grandemente el ploteo de marcaciones por radio.

5. Cartas adyacentes de una misma escala pueden colocarse una al lado de otra, para formar una carta que represente correctamente, grandes áreas.

La principal desventaja de la proyección de Lambert es que la dirección de una línea recta en la carta esta cambiando constantemente. La línea de rumbo o loxodrómica aparece como una curva. Para determinar su dirección, la medida debe efectuarse en el punto medio de la línea recta, trazada en la carta.



CARTA EN PROYECCION DE LAMBERT

Figura 2.28 b



## CAPITULO III

### PUBLICACIONES NAUTICAS DEL SHOA

**Cartas - Catálogo de Cartas - Derroteros - Lista de Faros**

**Radioayudas a la Navegación - Noticias a los Navegantes**

**Tablas de Marea - Tablas de Distancias - Manuales y**

**Otras Publicaciones.**

#### 3.00 INTRODUCCION.

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA), creado el 1º de mayo de 1874, tiene por misión principal proporcionar los elementos técnicos, las informaciones y asistencia técnicas destinadas a dar seguridad a la navegación en las vías fluviales y lacustres y dentro de las aguas interiores y mar territorial chileno y en la alta mar contigua al litoral de Chile.

Para cumplir con su misión el SHOA edita diferentes cartas y publicaciones náuticas, tales como: Derroteros de la Costa de Chile, Lista de Faros, Tablas de Distancias, Radioayudas a la Navegación, entre otras, que facilitan el trazado de la derrota y la conducción de la nave, tanto a la vista de costa, como en canales, pasos, entrada y salida de puertos, etc.

Además, complementa su misión como autoridad oficial en materias de navegación, con la publicación de diferentes textos de apoyo, como son: Manuales de Navegación, Hidrografía y Cinemática Naval; Diccionario de Nombres Geográficos de la costa de Chile y otros folletos que contienen instrucciones y normas para un mejor servicio.

Todas las publicaciones editadas por el SHOA son entregadas al día, por lo que será obligación del navegante mantenerlas permanentemente

corregidas y actualizadas de acuerdo a los informes que emite este Servicio a través del Boletín de "Noticias a los Navegantes" y los radioavisos "Navtex y Navarea XV".

Es interesante mencionar que el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico, en 1921 fue miembro fundador del Bureau Hidrográfico Internacional con sede en Mónaco, y que actualmente con el nombre de "Organización Hidrográfica Internacional", es la Oficina que asocia a la mayoría de los servicios hidrográficos de países marítimos con el objeto de uniformar los métodos de trabajos hidrográficos, de elaboración de cartas náuticas y demás actividades relacionadas con las ciencias del mar, con el propósito de dar mayor seguridad a la navegación mundial.

#### 3.01 CARTAS.

Según el uso e información que proporcionan, se dividen en:

a) **ESPECIALES O DE REGLAMENTOS.**- Abarcan las cartas descriptivas, cuadros reglamentarios y las cartas generales u oceánicas.

b) **NAUTICAS.**- Destinadas a aquellas donde se lleva la navegación a lo largo de la costa, puertos, canales, etc.

Atendiendo a los detalles que contienen, construcción y escala, se clasifican como sigue:

a) De punto menor; a las cartas generales construidas sobre una red de meridianos y paralelos a escala menor de 1 : 500.000. Proyección Mercator.

b) De punto mayor; a las cartas costeras construidas sobre una red de meridianos y paralelos a escalas comprendidas entre 1 : 500.000 y 1 : 50.000 Proyección Mercator.

c) Planos; a las cartas de puertos, pasos, canales, etc., que no se construyen sobre una red de meridianos y paralelos, y se confeccionan a escala mayor de 1 : 50.000.

Las cartas de punto menor dibujadas a escala pequeña, abarcan una gran extensión de costa y se emplean para navegación oceánica. Las cartas de punto mayor y de puertos construidas a una escala más grande, cubren un área más limitada y se emplean para la navegación costera, en canales, puertos y caletas.

La escala de una carta está expresada por una fracción que indica la relación que existe entre la carta y la región que representa. Así por ejemplo una escala de 1 : 50.000 significa que una unidad de medida de la carta representa 50.000 veces la misma unidad en la superficie de la tierra.

**DETALLES DE LAS CARTAS.** En las cartas de escala menor de 1 : 500.000 están suprimidos todos los faros cuyo alcance luminoso es inferior a 15 millas, y para los de alcance superior, se inserta solamente el nombre, color y características de la luz y la indicación con personal cuando tiene dotación permanente encargada de su cuidado y mantención.

En cartas de escalas comprendidas entre 1 : 500.000 y 1 : 150.000, según el espacio disponible, se suprimen datos en el orden siguiente: altura del plano focal de las luces de los faros, período de la luz, número de grupos de destellos u ocultaciones, etc.

A las cartas de escala comprendidas entre 1 : 150.000 a 1 : 50.000 se les ha impreso también la red de meridianos y paralelos. Estas cartas llevan en general las informaciones que corresponden a planos de escala 1 : 50.000 ó mayor.

Los planos o cartas de mayor escala de un lugar, cualquiera que sea éste, contendrán todas las señales marítimas de acuerdo con los símbolos convencionales y respectivas abreviaturas.

**GRADO DE CONFIANZA.** El valor de una carta depende de la exactitud del levantamiento en que está basada, como también de su dibujo. La fecha del levantamiento y un examen de la carta serán para el navegante la mejor guía para formarse una opinión al respecto.

La abundancia o escasez de las sondas, así como si están dispersas o uniformemente distribuidas, son indicios seguros para juzgar si el levantamiento ha sido minucioso. Debe tomarse en cuenta que los sondeos constituyen el único método para cerciorarse de la desigualdad del fondo del mar. Los sondeos se hacen generalmente sobre líneas determinadas, y sólo el escandallo o eco-sonda pueden garantizar la profundidad del agua en el punto sondeado; por consiguiente, las cartas no deben ser consideradas como infalibles, y sólo un detenido examen de las profundidades podrá dar una idea aproximada de la existencia de posibles peligros.

Se debe evitar navegar sobre desigualdades bruscas del fondo marcadas en las cartas. Los espacios en blanco entre sondas dispersas significan que entre esos puntos no se ha sondeado; si los sondeos circundantes son profundos, puede con probabilidad presumirse que esa profundidad se mantiene, pero, cuando en la proximidad de los espacios vacíos las profundidades son pequeñas, o existen arrecifes o bancos, deben dichos claros considerarse con precaución especialmente cerca de costas rocosas o bancos de coral.

Debe seguirse siempre como regla, el no considerar libre de peligro a una costa rocosa, a menos de tener buena prueba en contrario.

Los detalles topográficos que no interesan a la navegación son solo aproximados; por lo tanto, deben considerarse con cierta reserva.

En resumen, los elementos que a la simple vista determinan la confianza que se puede tener en una carta son:

- a) Cantidad de sondas, su densidad y veriles delineados.
- b) Claridad del dibujo.
- c) Epoca de los levantamientos de que proviene.
- d) Fecha de edición.
- e) Escala.



**VERILES.** Las cartas que no llevan trazadas las líneas isobáticas o veriles, merecen menos confianza, salvo que tengan muchas sondas y estén uniformemente distribuidas, pues ello indica que las sondas no fueron suficientes para trazarlos.

Con excepción de los casos en que se posean cartas o planos de puertos que han sido levantados con todo detalle, debe el veril de 10 metros ser considerado como el límite extremo de aproximación a la costa o bancos a causa de posibles irregularidades que sólo un plano detallado podría revelar. Lo dicho no rige para los ríos o puertos de poco fondo.

En las costas rocosas debe tomarse como límite de aproximación, la línea del veril de 20 metros.

**DEFORMACIONES DE LAS CARTAS.** Las deformaciones que se producen al imprimir las cartas, dependen principalmente de las dimensiones del papel, de la clase de éste y del grado de humedad; y a pesar de que no afectan a la seguridad de la navegación, deben considerarse cuando se toman sobre las cartas ángulos a puntos muy distantes. Mientras más grande sea la dimensión de la carta, mayor será la cantidad de la deformación o distorsión. Por consiguiente, no siempre se deberá esperar que todos los arrumbamientos o ángulos a diferentes puntos, aunque hayan sido tomados con sumo cuidado, estén de acuerdo exactamente, sobre todo si fueren de objetos situados a distancia apreciable.

**CARTA A EMPLEAR.** Debe emplearse siempre la carta de mayor escala por su mayor profusión de detalles, por su mayor precisión y porque ciertas correcciones sólo pueden hacerse en ella. Especialmente al aproximarse a tierra o a parajes peligrosos, debe tenerse en cuenta la escala de la carta en uso; un pequeño error al fijar la posición del buque en un plano, implica sólo algunos metros, mientras que en una carta de punto menor, pueden significar grandes distancias. Al aproximarse a tierra o bancos peligrosos, el navegante deberá, pues, cambiar de la carta general a la de mayor escala disponible, a fin de trazar lo mejor posible la derrota y situar exactamente el buque.

Por último todas las naves que navegan las costas de Chile, sean nacionales o extranjeras, deben emplear las cartas publicadas por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.

### 3.02 LA CARTA NAUTICA INTERNACIONAL.

Por acuerdo de los países miembros de la "Organización Hidrográfica Internacional", esta oficina dictó las especificaciones para la confección de la serie de cartas internacionales de pequeña escala, las que se encuentran comprendidas en un catálogo especial editado por el Bureau.

De esta serie de cartas, al SHOA le ha correspondido la confección de las siguientes:

INT N° 62 "Pacífico Sur, zona oriental".

1 : 10.000.000, Panamá a Cabo de Hornos, edición 1978.

INT N° 608 "Guayaquil a Valparaíso".

1 : 3.500.000, edición 1977.

INT N° 609 "Valparaíso a Islas Diego Ramírez".

1 : 3.500.000, edición 1977.

Una comisión de la OHI está estudiando todo lo concerniente para la edición de la serie correspondiente a escalas mediana y mayor, estudios que una vez finalizados deberán ser sometidos a la aprobación de los países miembros del Bureau.

Las cartas internacionales se pueden identificar por las letras INT que van antes del número de la carta.

### 3.03 CATALOGO DE CARTAS.

Contiene una relación detallada de todas las cartas y publicaciones editadas por el SHOA, como asimismo entrega las directivas e instrucciones para su debida mantención y corrección.

Consultando este catálogo, el navegante puede conocer detalladamente qué cartas y publicaciones le interesa utilizar para mayor seguridad en la navegación.

La numeración de las cartas está hecha en forma correlativa, de acuerdo a la siguiente clasificación:

a) Del 1 al 49, se han destinado para los cuadros reglamentarios y cartas descriptivas, como ser: valores magnéticos, signos convencionales, gráficos, etc.

b) Del 50 al 99, destinada para cartas de navegación, generales u oceánicas, de escala menor que 1 : 500.000.



c) Del 100 al 1600, para cartas náuticas que comprenden nuestro litoral desde Arica al Territorio Chileno Antártico, el cual ha sido dividido en 16 cartas numeradas de cien en cien. Su escala es de 1 : 500.000.

d) Del 101 al 1699, para cartas de puertos, caletas, pasos, canales, etc., de escala mayor de 1 : 500.000. El número de orden es el que corresponde a la carta dentro de la respectiva carta a escala 1 : 500.000 en que se encuentra incluida. Así, por ejemplo, la carta N° 904 es la que está comprendida dentro de la N° 900 y es la número 4 de esa zona.

e) A los Derroteros, Lista de Faros, Tablas de Marea y demás publicaciones náuticas se les ha asignado un número característico correlativo a partir del N° 3000.

Se recomienda conocer perfectamente los signos convencionales usados en nuestra cartografía y que publica el SHOA en la carta N° 1, en formato de folleto, denominada "Símbolos y abreviaturas convencionales", la cual se inserta al final de este Manual.

### 3.04 DERROTOS.

Son los libros que contienen una amplia y completa descripción del litoral chileno y en ellos se encuentra toda la información que es útil al navegante, de modo que su estudio dará los mejores consejos que se necesitan en una navegación.

El SHOA ha publicado seis Derroteros de la Costa de Chile, incluyendo las islas adyacentes y oceánicas, numerados de norte a sur:

Volumen I. De Arica a canal Chacao. Incluye las islas oceánicas.

Volumen II. Desde el canal Chacao hasta el golfo de Penas.

Volumen III. Canales de Patagonia, desde el golfo de Penas hasta la boca occidental del Estrecho de Magallanes.

Volumen IV. Estrecho de Magallanes y aguas adyacentes.

Volumen V. Tierra del Fuego y canales e islas adyacentes.

Volumen VI. Territorio Chileno Antártico.

Cada volumen comienza con un capítulo de informaciones generales sobre geografía

política, económica y física, meteorología previsional, corrientes y varias otras referentes al litoral y puertos de la región a que se refiere.

Siguen informes generales sobre reseña histórica, expediciones de reconocimiento, balizamiento, recursos, etc.

Después viene una descripción detallada de las costas, no omitiéndose nada que pueda servir de ayuda para el navegante. Se complementa esta descripción con indicaciones meteorológicas para la localidad, como asimismo datos sobre mareas, corrientes, mejores fondeadores, señales de niebla, estaciones de radio y radiogoniométricas, entre otras.

En la descripción de los puertos se indican los recursos sobre abastecimiento (víveres, agua, petróleo, etc.), las posibilidades de poder efectuar reparaciones, remolcadores, noticias sanitarias, comercio, etc.

Además, se informa sobre la existencia de: prácticos y lugares donde se estacionan; datos sobre boyas de amarre; lugares prohibidos para el fondeo; muelles; etc.

Los derroteros se imprimen periódicamente. Cuando las correcciones a ellos los afecta en gran proporción, se editan "hojas de reemplazo", las cuales se numeran correlativamente y cada una de ellas anula y abarca todas las precedentes.

**ADVERTENCIAS SOBRE DERROTOS.-** Al estudiar los derroteros hay que tener presente que no siempre la descripción de las costas, peligros, pasos, etc., está hecho en el mismo orden en que se presentará a nuestra vista desde los buques; por ello es necesario cerciorarse haber leído en el derrotero todo lo que puede interesar sobre la zona. Por ejemplo, un paso entre isla A y B, la descripción de una parte de este paso se hallará en el capítulo correspondiente a la isla A, y la otra en el capítulo de la isla B. Por descuidar esta advertencia han ocurrido graves accidentes.

### 3.05 LISTA DE FAROS.

Publicación que comprende toda la costa de Chile, desde Arica al Territorio Chileno Antártico, incluyendo los puertos, ríos y canales navegables, y la costa oriental de Tierra del Fuego.

Confeccionada de acuerdo a las normas recomendadas por la Organización Hidrográfica Internacional, proporciona una información



más completa sobre ayudas a la navegación, que la que puede figurar en las cartas y derroteros, por lo que debe ser consultada preferentemente cuando se desee conocer las características de los faros, boyas luminosas y ciegas, y señales de niebla. De esta manera el navegante puede individualizar los faros, boyas y luces, tanto de día como de noche.

En las primeras páginas aparece una descripción detallada con una completa explicación de todos los datos consignados en esta publicación; lo que se complementa con gráficos, tablas y normas para efectuar las correcciones y el sistema de balizamiento empleado en Chile.

Al igual que las cartas y derroteros, la Lista de Faros debe mantenerse al día de acuerdo a las informaciones o correcciones indicadas en el boletín de Noticias a los Navegantes.

### 3.06 RADIOAYUDAS A LA NAVEGACION.

Entrega al navegante información sobre radioayudas a la navegación en la costa de Chile más amplia que la de cartas y derroteros, por lo que debe ser consultada de preferencia cuando se desee conocer las características de los radiofaros, señales horarias, radioestaciones costeras y de toda información sobre ayudas a la navegación que se transmita por radio.

En su contenido se indican las normas para la corrección de esta publicación y la explicación detallada de los datos de los servicios que presta, como son: radiofaros y estaciones de servicio, señales horarias, boletines meteorológicos, radioavisos NAVTEX y NAVAREA XV, radioestaciones costeras, y servicio de seguridad y emergencia.

### 3.07 NOTICIAS A LOS NAVEGANTES.

Este boletín se publica regularmente cada quince días y contiene todas las informaciones útiles a la navegación que afectan a las cartas, derroteros, Lista de Faros, etc. Cuando la importancia de un aviso lo justifique, el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada lo dará a conocer por radio, sin perjuicio de su publicación en el próximo boletín.

Atendiendo a su naturaleza los avisos se clasifican en preliminares, temporarios y definitivos. Cuando llevan la leyenda preliminar, significa

que se va a ejecutar lo que se especifica, dando en su oportunidad el aviso definitivo. Cuando se le añade el calificativo temporario, indica que el accidente a que se refiere va a ser subsanado próximamente. Por último, si el aviso no lleva ninguna indicación, debe considerarse como definitivo y efectuar enseguida las correcciones de la manera ya establecida.

Conviene leer las informaciones generales que figuran en sus primeras páginas, para interpretar correctamente el contenido del boletín.

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada informa, además, diariamente por radio las novedades de importancia para la seguridad de la navegación de carácter urgente, tales como alteraciones o fallas en la señalización marítima existente, denuncia de rocas o peligros o cualquiera otra información que sea necesario dar a conocer de inmediato a los buques en la mar.

Las noticias de carácter urgente para la navegación, que se identifican por las siglas NAVTEX y NAVAREA XV, son diariamente transmitidas por radio de acuerdo a las indicaciones que figuran en la publicación Radioayudas a la Navegación.

### 3.08 TABLAS DE MAREA.

Es una publicación anual que contiene, para la costa de Chile, la predicción diaria de las horas y alturas de la marea y otros datos útiles para la navegación. Incluye puertos de la costa sudamericana del Pacífico hasta Panamá.

La Tabla I da para los puertos patrones, la hora y altura de las pleamares y bajamares para todos los días del año. Estos datos han sido obtenidos de los registros de la red de mareógrafos que mantiene el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, y procesados en dicho Servicio. Los pronósticos de los puertos extranjeros son proporcionados por la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) de Estados Unidos de Norteamérica.

La Tabla II contiene las diferencias en hora y altura de la pleamar y bajamar entre un puerto secundario y el puerto patrón que corresponde. Basta aplicar estas diferencias con sus signos a los dados en la Tabla I para obtener la hora y altura de las pleas y bajamares en el puerto secundario considerado.

La Tabla III da la corrección que debe aplicarse a la altura de la pleamar o bajamar de un puerto patrón o secundario para obtener la altura de la marea en un momento cualquiera.

Completan esta publicación otras tablas, como son: fases, declinación y ápsides de la Luna; salidas y puestas de Sol en Valparaíso y en diferentes latitudes; salidas y puestas de la Luna; tránsito de la Luna por el meridiano de Greenwich; información de corrientes en Angostura Inglesa y predicción de corrientes en Primera y Segunda Angostura del Estrecho de Magallanes.

Por último, es indispensable leer cuidadosamente las instrucciones y advertencias de las diferentes tablas que explican detalladamente el uso de ellas.

### 3.09 TABLAS DE DISTANCIAS.

Esta publicación contiene las distancias en millas náuticas entre todos los puertos chilenos, y desde Valparaíso y Punta Arenas a los diferentes puertos del mundo.

La primera parte, a través de 19 tablas, indica las distancias desde Valparaíso a todos los puertos del Pacífico Norte y Sur y Territorio Chileno Antártico.

La segunda parte, con 12 tablas, señala las distancias desde Punta Arenas y desde Colón (Panamá) a todos los puertos del Atlántico Norte y Sur, Mar Mediterráneo y Océano Indico.

Para el uso de estas tablas, se recomienda leer las instrucciones que aparecen al comienzo de la publicación.

### 3.10 MANUALES Y OTRAS PUBLICACIONES.

En su carácter de autoridad oficial en materias de navegación, el SHOA ha publicado los siguientes manuales y documentos náuticos

que complementan su tarea específica destinada a dar seguridad a la navegación:

- 3011 Instrucciones Generales de Navegación en las Cercanías de la Costa y Aguas Interiores.
- 3013 Glosario de Marea y Corrientes.
- 3014 Instrucciones Generales sobre el Sistema Nacional de Alarma de Maremotos.
- 3014A Evaluación de Riesgo de Tsunami para la Costa Norte de Chile entre Paralelos 18° y 24° S.
- 3016 Maremotos en la Costa de Chile.
- 3017 Nociones Fundamentales sobre Maremotos o Tsunamis.
- 3019 Almanaque Náutico.
- 3020 Manual de Cinemática Naval.
- 3021 Manual de Hidrografía. Volumen I.
- 3022 Manual de Hidrografía. Volumen II.
- 3030 Manual de Navegación. Volumen I.
- 3031 Manual de Navegación. Volumen II.
- 3041 Atlas Oceanográfico de Chile.
- 3042 Atlas Hidrográfico de Chile.
- 3042A Atlas Hidrográfico Chileno Antártico.
- 3052 Diccionario de Nombres Geográficos de la Costa de Chile. Volumen III. Territorio Chileno Antártico.
- 3101 Instrucciones Hidrográficas N° 1. Líneas de sondas para completar sondeo de cartas náuticas.
- 3102 Instrucciones Hidrográficas N° 2. Método oficial para el cálculo de los valores no-armónicos de la marea.
- 3103 Instrucciones Hidrográficas N° 3. Determinación de nombres geográficos.
- 3104 Instrucciones Hidrográficas N° 4. Empleo del batitermógrafo desechable.
- 3105 Instrucciones Hidrográficas N° 5. Para sondeos de precisión.
- 3106 Instrucciones Hidrográficas N° 6. Para la elaboración o actualización de los derroteros en terreno.
- 3107 Instrucciones Hidrográficas N° 7. Sondeo oceánico.
- <sup>s/n</sup> Anuarios Hidrográficos. Tomos 1 al 45.



## CAPITULO IV

### COMPASES DE NAVEGACION

Definiciones - El Compás Magnético, Tipos y Clasificación

Sensibilidad y Estabilidad - Variación Magnética y Desvíos

Correcciones de Rumbos - El Girocompás.

#### 4.00 ORIENTACION O DIRECCION EN LA TIERRA.

La dirección u orientación de un lugar en la tierra se da con referencia al meridiano del lugar y a partir del polo norte terrestre. (Fig. 4.00).

La dirección en que una persona situada en "A" verá un objeto colocado en "B", está dada por el ángulo entre el meridiano verdadero (PAP') y el círculo máximo que une los dos puntos A y B. Este ángulo se mide de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  en el sentido del movimiento de las agujas de un reloj. Debido a que en la mayoría de los casos el punto visado está cercano al observador, permite considerar el área circundante como plana, consideración que no hará cometer un error material al representar como recta la parte de círculo máximo, siempre que la distancia sea menor de 80 millas.

#### 4.01 DEMARACION, AZIMUT Y RUMBO.

Cuando se da el ángulo entre el meridiano verdadero y un objeto cualquiera se llama "Demarcación verdadera" (Dv.).

Cuando el ángulo es entre el meridiano verdadero y un astro se llama "Azimut verdadero" (Azv).

Cuando se da el ángulo entre el meridiano verdadero y la dirección en que debe moverse un buque para ir de un punto a otro se llama "Rumbo verdadero" (Rv.).

En los tres casos el ángulo se cuenta de  $000^\circ$  a  $360^\circ$  en el sentido del movimiento de las agujas de un reloj.

Pero resulta que el meridiano no es visible, y de aquí la necesidad de precisarlo para poder referir las demarcaciones, azimutes o rumbos. Los instrumentos que se usan a bordo de un buque para conocer el rumbo o dirección en que se navega y para tomar demarcaciones y azimutes, se denominan compases.

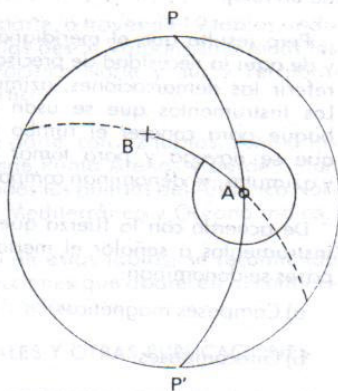
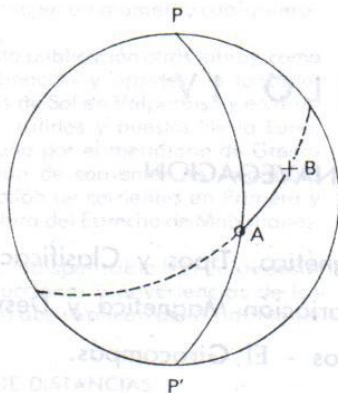
De acuerdo con la fuerza que llevan a estos instrumentos a señalar el meridiano, los compases se denominan:

- a) Compases magnéticos.
- b) Girocompases.

#### 4.02 EL COMPAS MAGNETICO.

Este importante instrumento es una aplicación de la brújula magnética que se estudia en Física y no es otra cosa que una rosa náutica, colocada sobre una o varias agujas imantadas, que puede girar libremente.

Cuando se suspende una aguja imantada, libre de influencias extrañas al campo magnético terrestre, sus extremos apuntan hacia los polos magnéticos de la tierra y la dirección indicada por la aguja será el meridiano magnético terrestre. El extremo de la aguja que apunta hacia el polo Norte, se denomina "Norte" de la aguja; y "Sur" el que apunta hacia el Sur.



El ángulo que forma el meridiano verdadero con el meridiano magnético se denomina "Variación o declinación magnética", o simplemente Variación, la que puede ser Este o Oeste, según que el meridiano magnético esté a la derecha o izquierda respectivamente del verdadero; se expresa en grados y minutos entre  $0^\circ$  y  $180^\circ$  y viene dada en cartas especiales para todos los lugares de la tierra.

Como los buques son contruidos de fierro, la atracción magnética ejercida, hace que el compás no se oriente directamente en el meridiano magnético, sino que se desplace a un lado u otro del meridiano magnético, de

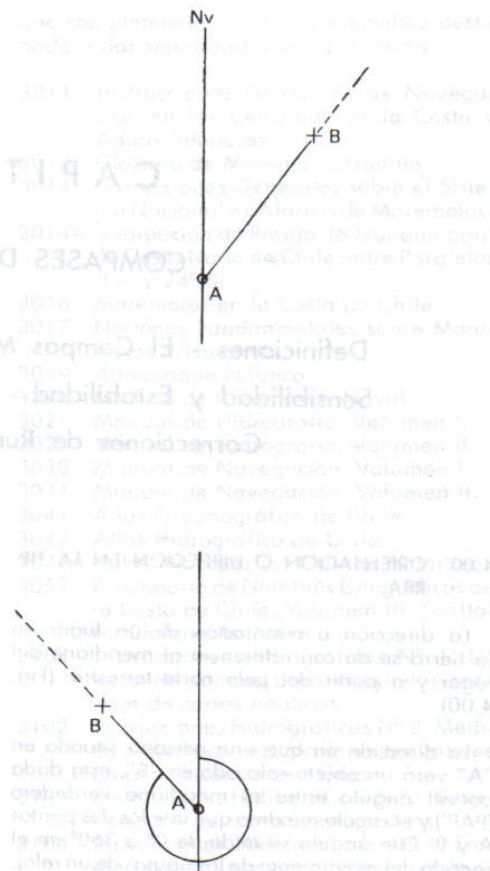


Figura 4.00

acuerdo con el efecto que produzcan los fierros según la dirección de la proa del buque. Esta desviación se llama "desvío"; y se define, como el ángulo formado entre el meridiano magnético y el que pasa por las agujas del compás, se expresa en grados de  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , tiene signo E. o W. según que el meridiano del compás esté a la derecha o izquierda respectivamente del magnético y varía con la dirección de la proa del buque.

Atendiendo al medio en que están montadas las agujas imantadas de un compás, estos se dividen en secos o líquidos.



#### 4.03 COMPAS SECO THOMSON.

Se compone el compás seco de las partes siguientes:

1) La "ROSA" que es un círculo graduado en  $360^\circ$ , que lleva las agujas magnéticas.

La ROSA, se compone de un arco de aluminio de diámetro variable, el más común es de 10 pulgadas, unido a una argolla central por medio de hilos de seda. En el arco y en los hilos va un papel de seda en el que van impresas las graduaciones de la rosa, en cuartas y grados.

El papel es de seda muy resistente y por la parte de abajo van ocho agujas imantadas de 1 y 2 milímetros de diámetro por 5 a 8 cms. de largo, colocadas simétrica y paralelamente a la línea  $0^\circ - 180^\circ$ , esto es N. - S., de tal manera que las más largas quedan al interior.

2) El "CHAPITEL" y el "ESTILO", soporte y calzo donde se apoya y sostiene libremente la rosa.

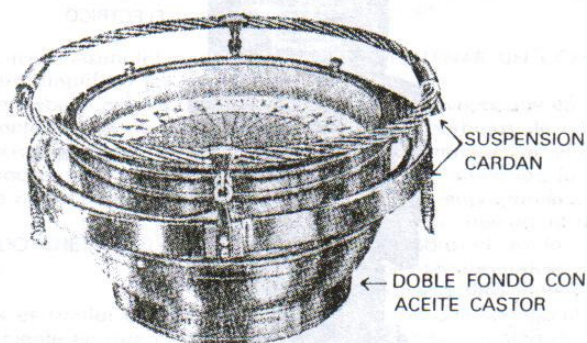
El "ESTILO" es un trozo de bronce que en un extremo termina en una punta muy fina de IRIDIO, punta en la que viene a apoyarse una piedrecita, en forma de dedal llamada "CHAPITEL" la que tiene el fondo de zafiro o ágata. Luego, el "Chapitel" descansa en el "Estilo" y la "Rosa" en el "Chapitel"; conjunto que por su dureza disminuye a un mínimo la fricción entre ellos, haciendo por lo tanto a la Rosa muy sensible.

El mortero y el estilo giran con el buque; en cambio el chapitel y la rosa permanecen fijos en el meridiano del compás o en el magnético.

3) El "MORTERO", receptáculo cerrado donde va montada la Rosa. Se fija a la bitácora por medio de una suspensión cardan.

El MORTERO, es de cobre o bronce, de la forma indicada en la fig. 4.03-a, tiene un doble fondo de vidrio que va lastrado con aceite de castor con el objeto que por su peso mantenga la vertical a pesar de los balances y cabeceos. El doble fondo es de vidrio para permitir el paso de la luz artificial e iluminar la Rosa durante la noche. Por la parte de arriba, el mortero lleva una tapa de vidrio que permite ver directamente la rosa, la tapa se ajusta con junturas de goma exactamente en el mortero, para evitar la entrada de aire y humedad. El primero movería la rosa de su posición de equilibrio y lo segundo empujaría el vidrio o tapa. Por lo general, las tapas traen graduados una "Rosa Muda" que permite tomar demarcaciones RELATIVAS, esto es, referidas al eje longitudinal del buque. Para conocer el rumbo a que se navega, el mortero lleva en su interior un índice o una marca llamada "Línea de fé", la cual debe estar exactamente en la línea de crujía o paralela a ella.

El mortero, por la parte exterior y a  $90^\circ$  con la línea de fé, lleva a cada lado un par de muñones que montan en un aro, que a su vez tiene otro par de muñones a  $90^\circ$  con los anteriores que descansan en la Bitácora. Este juego de muñones a  $90^\circ$  con el aro permite mantener más o menos horizontal el mortero durante los movimientos del buque, y se denomina "SUSPENSION CARDAN".



MORTERO SECO

Figura 4.03-a

4) La "BITACORA", pedestal donde se monta el mortero, lleva dispositivos para recibir los diversos correctores magnéticos. Tiene un adecuado sistema para la iluminación de la rosa.

La bitácora (Fig. 4.03-b) es una columna cilíndrica de madera o de metal no magnético, de longitud necesaria para dejar el mortero a una altura conveniente; termina en su parte baja en una sólida base para empalmarla a cubierta, y en su parte superior en un arco de bronce que sirve de asiento al "CUBICHETE".

La bitácora en su interior se compone de compartimentos. En el superior va el mortero, en el intermedio el alumbrado eléctrico y en el bajo los casilleros para recibir los correctores longitudinales y transversales. Los casilleros en algunos casos son fijos y en otros móviles. En la parte central y verticalmente va un tubo

de bronce para alojar el "canastillo de escora" o corrector vertical. El compartimento intermedio está separado del superior por un dispositivo que, accionado desde el exterior, permite graduar la cantidad de luz artificial necesaria para leer la rosa durante la noche (rumbos, demarcaciones y azimutes); sin que se produzca encandilamiento.

La bitácora lleva de babor a estribor los calzos o consolas para recibir las esferas compensadoras. En el eje longitudinal, por la cara exterior de proa a popa, hay un tubo de bronce que es el calzo para la barra "Flinders".

El CUBICHETE es la tapa superior de la bitácora que la protege de la intemperie; es de bronce y lleva en sus costados unas lámparas de aceite para iluminación de emergencia denominadas LANTIAS, y unas ventanillas para demarcar con lluvia o mal tiempo.

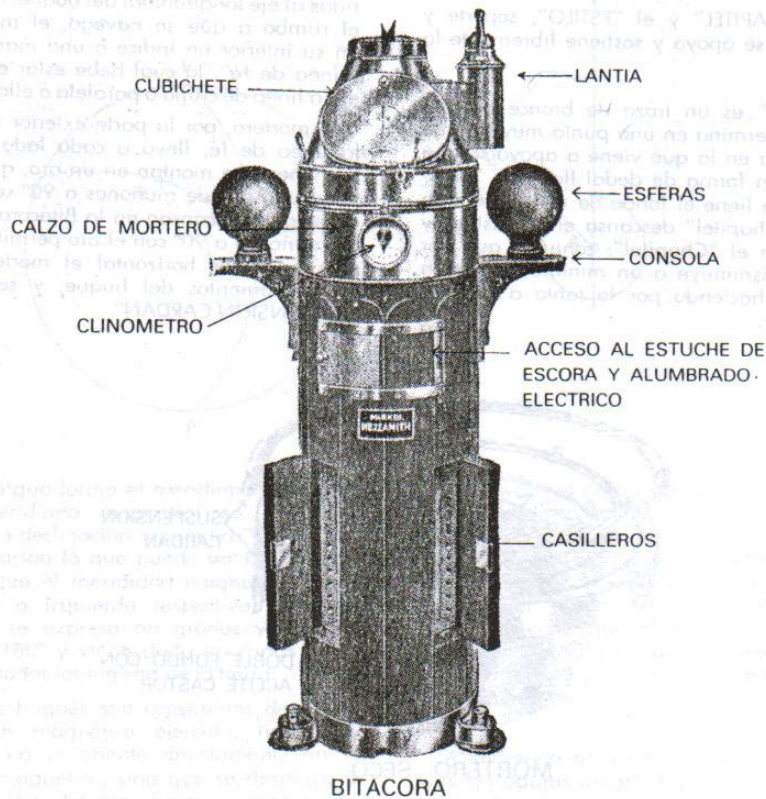


Figura 4.03-b



5) "ALIDADA", instrumento que se instala en el compás sobre el vidrio del mortero y sirve para tomar con exactitud las demarcaciones y azimutes. Tiene un prisma que permite ver, simultáneamente, las graduaciones de la rosa y el objeto o astro demarcado.

Cuando los balances y cabeceos son muy grandes y el uso de la Alidada se vea muy dificultado, se le reemplaza por la "PINULA", que es solamente una varilla que da informaciones menos exactas, pero compatibles con la práctica.

Existen variados tipos de Alidadas; la figura 4.03-c muestra un tipo de ellas.

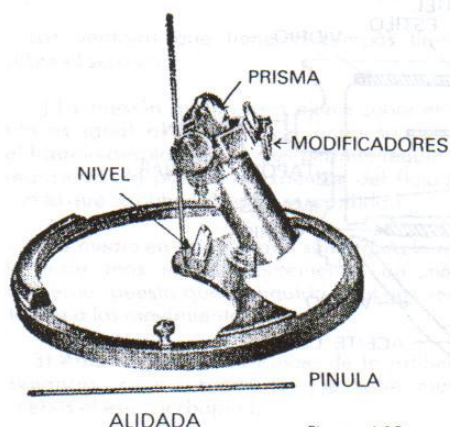


Figura 4.03-c

Si la Alidada o Círculo Azimutal no tiene el prisma especial para amplificar las graduaciones de la rosa, se deberá emplear en los compases, especialmente en los de Gobierno, el prisma o lente microscópico de rumbo que facilita la lectura exacta de él y permite al timonel un buen gobierno del buque.

#### 4.04 COMPAS LIQUIDO CHETWYND. (Figuras 4.04-a y 4.04-b).

En todas sus partes es similar al seco, diferenciándose principalmente en que el mortero está lleno con una mezcla de 75% de agua destilada con 25% de alcohol puro, a fin de evitar congelamiento con las bajas temperaturas. La rosa es de mica con un flotador.

El cuerpo del mortero va cerrado arriba y abajo por dos vidrios; en el centro del último se encuentra el soporte que lleva el estilo (figuras 4.04-a y 4.04-b).

La rosa es de mica y tiene aproximadamente  $\frac{3}{4}$  del diámetro interior del mortero; está montada sobre un flotador, destinado a hacerla más liviana, disminuyendo la fricción entre el estilo y chapitel. Lleva solamente dos barras imantadas de  $9\frac{1}{2}$  cms. de largo que van encerradas herméticamente en cilindros de cobre.

La línea de fé consiste en un puntero horizontal que se proyecta hacia dentro del mortero, siendo su extremo muy fino, que llega casi a tocar el canto mismo de la rosa.

Para contrarrestar la variación en volumen del líquido y partes metálicas, debido a los cambios de temperatura, el mortero lleva dos cámaras de expansión, colocados lateralmente en algunos modelos y en otros una sola situada en su parte inferior; cámaras que están en combinación con el interior del mortero y, en consecuencia, llenas con líquido. Las cámaras tienen un costado coarrugado para facilitar la variación en el volumen del líquido.

El costado del mortero tiene un agujero con tapón de tornillo y golilla de cuero, destinado a vaciarlo o rellenarlo cuando sea necesario.

Hay, también, otros tipos de compases líquidos, como son los "U. S. Navy Standard" de diferentes dimensiones, cuyas características principales son similares al compás Chetwynd. Lo mismo sucede con los diferentes tipos de "bitácoras".

#### 4.05 RELLENAR UN COMPAS LIQUIDO.

Sucede a veces que en los compases líquidos aparecen burbujas de aire. Estas burbujas no deben permanecer en el líquido y habrá necesidad de eliminarlas lo antes posible; pues, si estas son muy grandes, la menor cantidad de líquido hará que la rosa, gravite con mayor fuerza sobre el estilo, debido al peso del flotador, produciéndose mayor fricción y en consecuencia será menos sensible. Además la resistencia que oponga el líquido al movimiento de la rosa, no será constante al haber parte en que hay aire en lugar de líquido.

Para rellenar un compás líquido se procede como sigue: (Fig. 4.05).

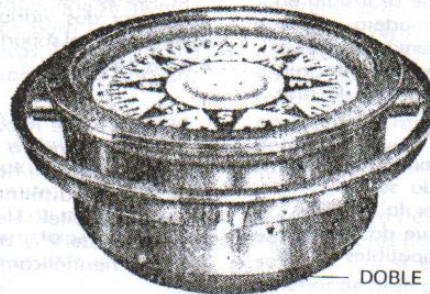


Figura 4.04-a

## MORTERO LIQUIDO

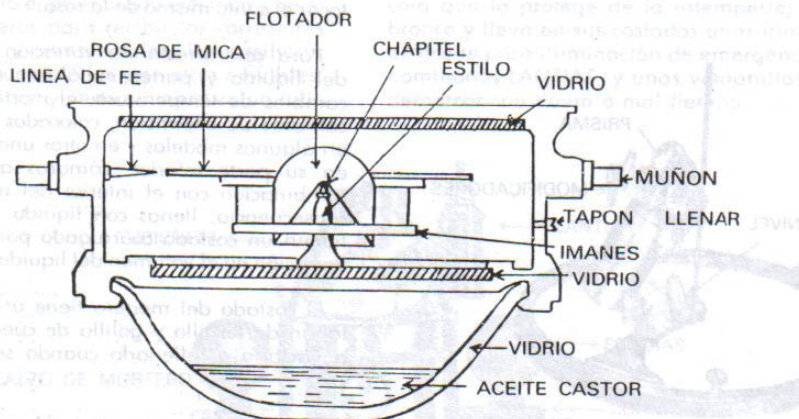


Figura 4.04-b

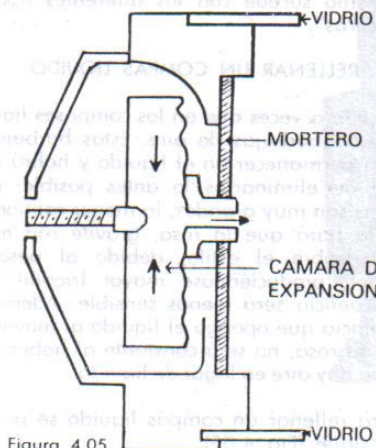


Figura 4.05

a) Sáquese el mortero y colóquese verticalmente, de modo que el tornillo tapa quede exactamente arriba, lo que dejará la burbuja bajo él.

b) Colóquese la "tuerca de expansión" en la espiga de la cámara de expansión. Esta tuerca viene estibada en la caja de transporte del mortero.

c) Sáquese el tapón de llenar.

d) Atorníllese la tuerca de expansión de la cámara, lo que la obligará a expandirse y con ello obtendrá un aumento del volumen en el espacio ocupado por el líquido.

e) Rellénese el mortero con la mezcla de 75% agua destilada y 25% de alcohol puro.



f) Compruébese que la burbuja ha sido totalmente eliminada, moviendo el mortero hacia cada lado.

g) Destorníllese la tuerca de expansión "dos vueltas", con lo que las cámaras se contraerán y el líquido "rebalsará" y con ello saldrán las burbujas.

h) Colóquese el tornillo tapón con su golilla.

i) Retírese las tuercas de expansión.

j) Póngase horizontal el mortero, comprobándose la bondad del trabajo con la eliminación total de las burbujas. Caso contrario repítase nuevamente la operación.

#### 4.06 VENTAJAS DEL COMPAS LIQUIDO.

Las ventajas que tiene el compás líquido sobre el seco son:

1) La presión que la rosa ejerce sobre el estilo es igual a la diferencia entre su peso y el líquido desplazado, lo que permite regularla, reduciendo la presión a expensas del flotador, con lo que se obtiene mayor sensibilidad.

2) El medio en que se halla sumergida la rosa la hace más estable, obteniendo un mejor gobierno, puesto que el líquido le opone resistencia a los movimientos bruscos.

3) Amortigua las vibraciones de la Artillería, balances, cabeceos con lo que sufre mucho menos el estilo y chapitel.

#### 4.07 CLASIFICACION DE LOS COMPASES.

Según su ubicación y uso abordo se clasifican en:

- a) Compás Magistral.
- b) Compás de Gobierno.
- c) Compás de Maniobra o respeto.
- d) Compás soplón.
- e) Compás de bote.

a) COMPAS MAGISTRAL.- Es el compás patrón, que debe tener muy bien determinados sus desvíos para las diferentes proas o direcciones de éste, sirve de comparación a los demás y sus indicaciones se utilizan para llevar la derrota de la nave. Su colocación exige, entre otras cosas, una amplia y clara visual alrededor del horizonte y estar cercano al puente de mando.

b) COMPAS DE GOBIERNO.- Es el que va ante la rueda de gobierno; sirve de guía al timonel para llevar el rumbo ordenado desde el "magistral", con el cual debe tener comunicación ya sea por teléfono o tubo portavoz.

c) COMPAS DE MANIOBRA O RESPETO.- Es el que va en otras posiciones de mando, generalmente frente a la rueda de gobierno de popa.

d) COMPAS SOPLON.- Es el que va colgado del cielo o mamparo de algún departamento. Antiguamente iba en los camarotes del Comandante y del Oficial de Navegación.

e) COMPAS DE BOTE.- Es de reducido tamaño y portátil, destinado a instalarse en las embarcaciones menores.

#### 4.08 SENSIBILIDAD Y ESTABILIDAD.

Son las condiciones que debe satisfacer una buena rosa para utilizarla en el compás.

La sensibilidad significa que acuse las más pequeñas alteraciones en el rumbo del buque y se consigue en la rosa del compás al disminuir en lo posible su resistencia o rozamiento en la presión que ejerce sobre el estilo y al aumentar la fuerza directriz de las agujas imantadas reduciendo el peso de la rosa y aumentando su momento magnético. Por tal motivo se emplean agujas múltiples como asimismo el chapitel es de ágata o zafiro y el estilo afilado con punta de iridio, con lo que se consigue disminuir grandemente la resistencia entre el estilo y chapitel.

La estabilidad significa que la rosa permanezca inmóvil a la acción de los agentes externos que traten de sacarla de la dirección que señale, tales como golpes de mar, balance, cabeceo y disparos de artillería. Esta condición se consigue procurando que el período oscilatorio de la rosa sea mayor que el de balance del buque, que el centro de gravedad coincida o esté por debajo con el de suspensión y que el momento de inercia sea grande e igual en todos sentidos.

Mayores detalles sobre sensibilidad y estabilidad se dan en el Capítulo "Magnetismo" de este Manual.

#### 4.09 GRADUACION DE LAS ROSAS.

Las rosas modernas ya sean de los compases secos, líquidos y la de los girocompases están graduados sexagesimalmente; es decir de cero a 360°, aumentando en el sentido del movimiento de las agujas del reloj.

Es costumbre colocar en la graduación cero (N) una "flor de lis". Las rosas secas tienen además la graduación en cuartas, actualmente en desuso.

Aún existen algunas rosas graduadas cuadrantalmente, esto es, de 0° a 90° a partir del N. y S. hacia el E. y W. Esto, y el hecho que en problemas de navegación se presente en muchas ocasiones la necesidad de pasar de un sistema a otro, nos obliga a saber el procedimiento a seguir para convertir una graduación cuadrantal en sexagesimal y viceversa.

#### 4.10 PASAR DE GRADUACION SEXAGESIMAL A CUADRANTAL.

Se procede como sigue:

a) Si el rumbo, demarcación o azimut está comprendido en el primer cuadrante; es decir, entre el 0° y 90°, la lectura se convierte del N. al E. Ejemplo:

$$\text{Rumbo } 042^\circ = \text{N. } 42^\circ \text{ E.}$$

b) Si está comprendido en el 2° cuadrante; esto es, entre las graduaciones 90° y 180°, se resta de 180° y su denominación será del S. al E. Ejemplo:

$$\text{Rumbo } 135^\circ = \text{S. } (180 - 135) \text{ E.} = \text{S. } 45^\circ \text{ E.}$$

c) Si está comprendido en el 3er. cuadrante, o sea entre las graduaciones 180° y 270°, se le restan 180° y su denominación será S. al W. Ejemplo:

$$\text{Rumbo } 250^\circ = \text{S. } (250 - 180) \text{ W.} = \text{S. } 70^\circ \text{ W.}$$

d) Si está comprendido en el 4° cuadrante; es decir, entre las graduaciones 270° y 360°, se resta de 360° y su denominación será N. al W. Ejemplo:

$$\text{Rumbo } 327^\circ = \text{N. } (360 - 327) \text{ W.} = \text{N. } 33^\circ \text{ W.}$$

#### 4.11 PASAR DE GRADUACION CUADRANTAL A SEXAGESIMAL.

Es la recíproca del caso anterior, para ello se procede como sigue:

a) Si el rumbo, demarcación o azimut está comprendido entre el N. y el E. la lectura queda en la misma forma, pero sin la denominación. Ejemplo:

$$\text{Rumbo N. } 42^\circ \text{ E.} = 042^\circ$$

b) Si está comprendido entre el E. y el S. se le resta de 180° Ejemplo:

$$\text{Rumbo S. } 45^\circ \text{ E.} = 180 - 45 = 135^\circ$$

c) Si está comprendido entre el S. y el W., se le suma 180° Ejemplo:

$$\text{Rumbo S. } 70^\circ \text{ W.} = 180 + 70 = 250^\circ$$

d) Si está comprendido entre el N. y el W. se le resta de 360° Ejemplo:

$$\text{Rumbo N. } 33^\circ \text{ W.} = 360 - 33 = 327^\circ$$

#### 4.12 DIRECCION DE LA PROA.

Un girocompás está orientado al norte verdadero, siempre que no tenga error, y si lo hay, este error es igual en todas las proas.

Un compás magnético, instalado en un lugar influenciado por sustancias magnéticas, no marcará el Norte magnético, sino que apuntará desviado una cantidad proporcional al efecto magnético, esta dirección indicará el Norte de ese compás.

En consecuencia se tienen tres direcciones Norte: la verdadera, la magnética y la del compás.

La diferencia que hay entre la verdadera y la magnética se llama "Variación Magnética" (Vmg) y es el ángulo que se forma entre el meridiano geográfico y el meridiano magnético de un lugar determinado.

La diferencia que hay entre la dirección magnética y la dirección del compás se llama desvío, y se debe, por una parte al magnetismo permanente que adquiere un buque durante la construcción debido a los aceros empleados; y por otra parte, debido a los fierros dulces que contiene la nave y que se magnetizan de acuerdo al rumbo y latitud en que navega el buque.

De acuerdo con lo anteriormente dicho se deduce que:

**RUMBO VERDADERO**, es el ángulo entre el meridiano del lugar y el eje longitudinal del buque, medido en el sentido de las agujas de un reloj de 000° a 360°.



**RUMBO MAGNETICO** es el ángulo formado entre el meridiano magnético y el eje longitudinal del buque, se cuenta de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj.

**RUMBO DEL COMPAS** es el ángulo formado entre la dirección norte del compás y el eje longitudinal del buque, se cuenta de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj.

**DEMARCAION VERDADERA** de un objeto es el ángulo formado entre el meridiano del lugar y el círculo máximo que pasa por el punto u objeto medido de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj.

**DEMARCAION MAGNETICA** es el ángulo formado entre el meridiano magnético y el círculo máximo que pasa por el punto u objeto medido de 000° a 360° en el sentido de las agujas del reloj.

**DEMARCAION DEL COMPAS** de un punto es el ángulo formado entre la dirección norte del compás y el círculo máximo que pasa por el punto, medido de 000° a 360° en el sentido del movimiento de las agujas del reloj.

**AZIMUT VERDADERO, MAGNETICO Y DE COMPAS**, son las mismas definiciones, correspondientes a las demarcaciones, cuando éstas son tomadas con respecto a los astros.

El rumbo, demarcación o azimut determinado por medio del compás no puede ser empleado inmediatamente debido a que las cartas de navegación están orientadas al norte-sur verdadero, en cambio la orientación de las agujas del compás magnético están afectadas por la variación magnética y el desvío. Por consiguiente, las informaciones del compás deberán convertirse en verdaderas, corrigiendo la variación magnética y el desvío, antes de trazarlas en la carta.

De lo dicho, se desprende que el oficial en el puente debe tener los medios a su alcance para obtener en cualquier momento los valores de la "variación magnética" y el "desvío".

#### 4.13 VARIACION MAGNETICA (Vmg.). (Ver párrafos 4.02 y 4.12).

Además de estar indicada en las cartas de navegación viene en cartas especiales editadas por diferentes Servicios Hidrográficos. Nuestro Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada edita una que abarca toda la costa W y E de América Central y del Sur. En

ellas, todos los puntos de igual variación están unidos por un trazo continuo; denominado "isogónica"; de aquí que a estas cartas se las llama "Cartas Isogónicas".

La variación, no es una cantidad constante, puede aumentar o disminuir. Esta característica debe ser considerada por el navegante, especialmente cuando se está usando una carta de edición diferente al año en curso; como también cuando se navega a lo largo de la costa chilena en que la Vmg. está constantemente variando debido al cambio en latitud. El olvido de hacerlo puede acarrear consecuencias insubsanables. Para actualizar la variación magnética con el año en curso, las cartas isogónicas y las de navegación traen la indicación de los minutos que cambia anualmente la Vmg., con signo E o positivo, y signo W o negativo.

La variación magnética que se emplea para corregir un rumbo, demarcación o azimut debe ser la que corresponde al lugar en que se está o navega, debidamente corregido de su cambio anual. Debe obtenerse siempre de la carta especial de valores magnéticos, la cual debe estar a la vista del oficial de guardia en el puente (sala de cartas).

#### 4.14 DESVIO ( $\Delta$ ). (Ver párrafos 4.02 y 4.12).

El resumen de los desvíos, E y W, de un mismo compás, para las diferentes direcciones de la proa de una nave, deben reunirse en tablas o curvas que se colocan en un lugar visible de la sala de cartas para su consulta inmediata en cualquier momento.

Estas tablas o curvas se confeccionan generalmente cada 15° ó 45° y de ellas se obtiene el desvío para cualquier otra proa por interpolación directa (Fig. 4.14), buscando la proa en la línea central del rumbo y donde la horizontal de éste corta la curva, estará el desvío que se leerá en la escala horizontal superior o inferior, la más cercana (Fig. 4.14).

El desvío, para una proa, en la curva se obtendrá buscando la proa en la línea central del rumbo y donde la horizontal de éste corta la curva, estará el desvío que se leerá en la escala horizontal superior o inferior, la más cercana (Fig. 4.14).

En la práctica, el MAGISTRAL, que es el compás por el cual se lleva la navegación, no debe tener desvíos superiores a dos grados para ser considerado como bueno.

En todo caso el oficial de navegación deberá controlar sus desvíos constantemente, para lo cual deberá determinarlos por lo menos cada doce horas y cada vez que el buque cambie de rumbo.

En capítulos separados de este mismo Manual, se verá detalladamente el procedimiento y forma que se emplea para determinar y calcular los desvíos, como así mismo en la que se refiere a la compensación del compás magnético.

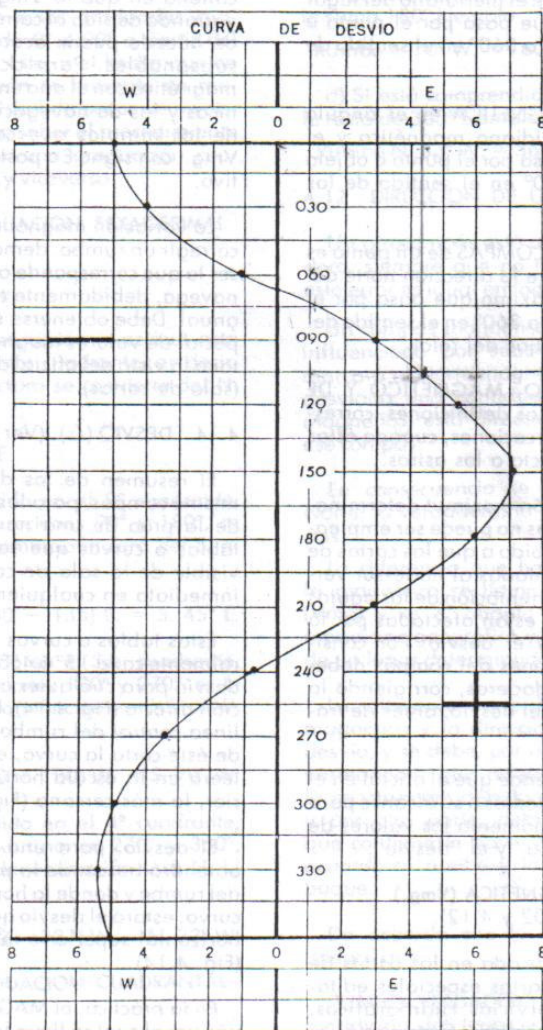


Figura 4.14



#### 4.15 CORRECCION DE RUMBOS.

La ecuación del rumbo verdadero es:

$$Rv = Rc + \Delta + Vmg.$$

En ella el Rumbo, desvío del compás y variación magnética conservan su signo de acuerdo con lo siguiente:

Rumbos de 000° a 360°, son todos positivos.

Variación y Desvío Este, positivos.

Variación y Desvío Oeste, negativos.

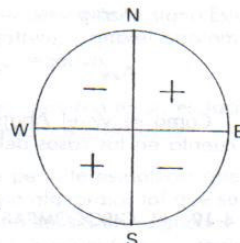
Si los rumbos están dados en graduación cuadrantal tienen los siguientes signos de acuerdo al cuadrante:

N. al E. Positivo.

S. al E. Negativo.

S. al W. positivo.

N. al W. negativo.



Si en la ecuación del  $Rv$ , despejamos el  $Rc$  tendremos:

$Rc = Rv - Vmg - \Delta$ . Como cada elemento tiene su propio signo, el signo menos por delante de la variación y del desvío, está indicando que debe ser cambiado. Ello nos permite establecer una regla general para operar con los signos del  $\Delta$  y  $Vmg$  y que nos sirve de ayuda memoria para ser empleado en la determinación del  $Rv$  o del  $Rc$ .

La regla con respecto a los signos dice:

Del Malo al Bueno, No cambia.

Del Bueno al Malo, Lo cambia.

En que el verdadero es bueno con respecto al magnético y éste con respecto al compás.

EJEMPLO:

Supongamos el  $Rc = 050^\circ$   $\Delta = -2^\circ$   $Vmg = 12^\circ$  E; ¿Cuál es el  $Rv$ ?

Del Malo al Bueno, no cambia.

$$\begin{array}{rcl} Rc & = & 050^\circ \\ \Delta & = & -2^\circ \\ Rmg & = & 048^\circ \\ Vmg & = & +12^\circ \\ Rv & = & 060^\circ \end{array}$$

EJEMPLO:

El mismo caso anterior tenemos el  $Rv = 060^\circ$ ;  $\Delta = -2^\circ$ ;  $Vmg = 12^\circ$  E. ¿Cuál es el  $Rc$ ?

Del Bueno al Malo, lo cambia.

$$\begin{array}{rcl} Rv & = & 060^\circ \\ Vmg & = & -12^\circ \text{ E.} \\ Rmg & = & 048^\circ \\ \Delta & = & +2^\circ \\ Rc & = & 050^\circ \end{array}$$

#### 4.16 ABATIMIENTO.

Cuando un buque recibe mar o corriente de alguna intensidad por alguna de sus bandas, se origina un desplazamiento del buque paralelo al rumbo y en el mismo sentido del que lo origina. Este desplazamiento o deriva se denomina abatimiento, debe considerarse en las correcciones de rumbos y tener mucho cuidado en su correcta aplicación para evitar situaciones desagradables.

El efecto de la deriva por el viento aumenta cuando el buque tiene poco calado o cuando tiene una gran obra muerta.

Un mismo viento varía el efecto con cada tipo de buque y es muy necesario que el navegante reúna toda información posible, del comportamiento de su buque bajo las diferentes direcciones relativas y fuerza del viento y mar.

#### 4.17 CORRECCION DEL ABATIMIENTO (Ab).

Un buque abate a estribor cuando el viento, mar o corriente lo recibe por la banda de babor y abatirá a babor cuando lo reciba por la de estribor.

En el primer caso, aunque el timonel gobierne perfectamente a la proa ordenada, el buque se desplazará paralelamente hacia la derecha de su dirección de avance. En el segundo caso, este desplazamiento o abatimiento será hacia la izquierda. Si aplicamos al abatimiento el convenio de signos que tenemos para los des-

víos y variaciones magnéticas, tendremos que cuando el abatimiento es a estribor tendrá signo positivo y negativo cuando es a babor, rigiendo también para la corrección la regla del Bueno al Malo y del Malo al Bueno.

Introduciendo este nuevo elemento en la ecuación del rumbo, tendremos:

$$Rv = Rc + \Delta + Vmg + Ab$$

$$Rc = Rv - ab - Vmg - \Delta$$

#### EJEMPLO:

Un buque debe navegar al  $Rv$   $295^\circ$ , la  $Vmg$   $12^\circ$  E el desvío  $2^\circ$  W y tiene un abatimiento de  $5^\circ$  a estribor. ¿Cuál será la proa del compás?

Del Bueno al Malo, lo cambia.

|          |     |              |
|----------|-----|--------------|
| $Rv$     | $=$ | $295^\circ$  |
| $Ab$     | $=$ | $- 5^\circ$  |
| $Pv$     | $=$ | $290^\circ$  |
| $Vmg$    | $=$ | $- 12^\circ$ |
| $Pmg$    | $=$ | $278^\circ$  |
| $\Delta$ | $=$ | $+ 2^\circ$  |
| $Pc$     | $=$ | $280^\circ$  |

Supongamos que la proa del compás es  $280^\circ$  y con los datos del ejemplo anterior queremos saber el  $Rv$ .

Del Malo al Bueno, no cambia

|          |     |              |
|----------|-----|--------------|
| $Pc$     | $=$ | $280^\circ$  |
| $\Delta$ | $=$ | $- 2^\circ$  |
| $Pmg$    | $=$ | $278^\circ$  |
| $Vmg$    | $=$ | $+ 12^\circ$ |
| $Pv$     | $=$ | $290^\circ$  |
| $ab$     | $=$ | $+ 5^\circ$  |
| $Rv$     | $=$ | $295^\circ$  |

#### 4.18 CORRECCION DE LAS DEMARCACIONES.

A las demarcaciones y azimutes se les efectúan las correcciones de Variación magnética para el lugar y el desvío correspondiente a la proa que lleva el buque. No se le corrige abatimiento, por la sencilla razón que, la demarcación o azimut se efectúa en un instante, en cambio el rumbo se considera en un lapso de tiempo.

#### EJEMPLO:

Un buque navega al  $140^\circ \Delta = 2^\circ$  E con viento Sur que le produce un abatimiento de  $5^\circ$  a babor, demarca un faro al  $231^\circ$  y observa el azimut del Sol al  $047^\circ$ . ¿Cuál es la demarcación que trazará en la carta y cuál será, el  $Azv$ , si la  $Vmg = 10^\circ$  W.

|          |     |              |
|----------|-----|--------------|
| $Dc$     | $=$ | $231^\circ$  |
| $\Delta$ | $=$ | $+ 2^\circ$  |
| $Dmg$    | $=$ | $233^\circ$  |
| $Vmg$    | $=$ | $- 10^\circ$ |
| $Dv$     | $=$ | $223^\circ$  |
| $Azc$    | $=$ | $047^\circ$  |
| $\Delta$ | $=$ | $+ 2^\circ$  |
| $Azmg$   | $=$ | $049^\circ$  |
| $Vmg$    | $=$ | $- 10^\circ$ |
| $Azv$    | $=$ | $039^\circ$  |

Como se ve el Abatimiento NO se toma en cuenta en los casos del azimut y demarcación.

#### 4.19 EL GIROCOMPAS.

Es un instrumento eléctrico-mecánico, basado en las propiedades físicas de un giroscopio en rotación, que señala el Norte verdadero y permanece orientado en él bajo los efectos de la rotación terrestre y la precesión giroscópica.

Su funcionamiento es independiente del magnetismo de la tierra, por lo que la indicación del meridiano verdadero se lleva a efecto en cualquier posición geográfica y cualquiera que sea la dirección de la nave.

Todo buque tiene uno o dos girocompases "patrones", ubicados por lo general bajo cubierta y sus indicaciones son transmitidas a las diferentes partes del buque, a los "repetidores" que están sincronizados eléctrica o electrónicamente con el "patrón".

En capítulo aparte de este Manual se estudia este instrumento en forma detallada.

Por varias razones, que se verán más adelante, no siempre se consigue que el girocompás marque exactamente el Norte verdadero, pudiendo quedar una diferencia entre su indicación y el meridiano del lugar. Esta diferencia se llama "Error", es constante para cualquier dirección en que se navegue y generalmente



no es superior a 2°; en todo caso debe ser determinado por lo menos dos veces al día en la mar.

El signo del "Error" puede ser positivo o negativo y su ecuación es:

$$\begin{aligned} R_v &= R_g + \text{Error} \\ D_v &= D_g + \text{Error} \\ A_{Zv} &= A_{Zg} + \text{Error} \end{aligned}$$

Para pasar de un rumbo, demarcación o azimut a otro, se observan las mismas reglas enunciadas en el párrafo 4.15 "Corrección de rumbos", siendo Bueno lo verdadero con respecto al girocompás.

#### 4.20 SIGNO DEL DESVÍO Y DEL ERROR.

Ya hemos visto que el desvío tiene signo Este (positivo) o Weste (negativo), y que el girocompás tiene error positivo o negativo.

Cuando se determina desvío o error, es fácil darle signo. En efecto, tenemos la ecuación:

$R_{mg} = R_c + \Delta$  que permite establecer que: "el desvío tiene un signo algebraico tal que sumado al rumbo del compás, da el magnético". Lo que por lo demás está de acuerdo con la regla de corrección de rumbo, del malo al bueno no cambia.

##### EJEMPLO:

$$\begin{aligned} R_{mg} &= 033^\circ \\ R_c &= 035^\circ \\ \Delta &= - 2^\circ \quad (\text{o } 2^\circ \text{ W}) \\ D_{mg} &= 147^\circ \\ D_c &= 142^\circ \\ \Delta &= + 5^\circ \quad (\text{o } 5^\circ \text{ E}) \\ A_{Zmg} &= 253^\circ \\ A_{Zc} &= 257^\circ \\ \Delta &= - 4^\circ \quad (\text{o } 4^\circ \text{ W}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R_v &= 316^\circ \\ R_g &= 315^\circ \\ E_g &= + 1^\circ \\ A_{Zv} &= 046^\circ \\ A_{Zg} &= 044^\circ \\ E_g &= + 2^\circ \end{aligned}$$

#### 4.21 CORRECCION TOTAL (CT).

Cuando se toman varias demarcaciones para situar la nave, es muy útil, en beneficio de la rapidez, reunir los datos de desvío y variación en una sola "corrección total" con su signo, la que aplicada a la demarcación o rumbo del compás o al verdadero, permiten obtener rápidamente la demarcación o rumbo verdadero o del compás respectivamente.

#### 4.22 DEMARCACIONES RELATIVAS.

A bordo de los buques es frecuente dar la demarcación de un objeto con referencia al eje longitudinal de la nave a partir de la proa por una u otra banda; es decir, de 0° a 180° por estribor o por babor; esto es lo que se llama "demarcación relativa" y es costumbre llamarlo "Rojo", cuando es por "babor" y "Verde" cuando es por "estribor". Así por ejemplo: Contacto al rojo 40, significa que el contacto está abierto 40 grados desde la proa a babor.

También se emplean los términos, AMURA, CUADRA, ALETA para indicar demarcaciones relativas; en el que los términos: "Amura" significa 45° abierto de la proa, "Cuadra" significa 90° de la proa y "Aleta" significa 135° de la proa.

Estos términos se usan especialmente en avisamientos de buques, faros o tierra. Por Ejemplo: Faro por la amura de estribor.

La demarcación relativa también se usa dándola de 000° a 360°. En estos casos el 000° y 360° corresponde a la proa del buque, 090° a la cuadra de estribor, 180° por la popa y 270° por la cuadra de babor.

## CAPITULO V

### DISTANCIA NAVEGADA

#### Métodos para determinarla - Resbalamiento - Correderas,

#### tipos y uso - Error y Coeficiente

#### Sistema de la milla medida

#### 5.00 UNIDAD DE MEDIDA Y METODOS PARA OBTENER LA DISTANCIA NAVEGADA.

Sea cual fuere la navegación que se efectúa, es muy importante en un buque saber en cualquier momento la distancia que se ha navegado en un determinado lapso, como también conocer en todo momento la velocidad del buque, pues ello nos permite, desde las coordenadas conocidas de un punto, situar otros mediante rumbos y distancias desde él, cuando en tiempo nuboso o con neblina sea el único medio posible.

La unidad de distancia usada en navegación es la "milla náutica", que mide 1852 metros en cualquier latitud, y equivale a la longitud de un minuto de arco de meridiano terrestre en los 45° de latitud. Este valor fué aprobado por la Conferencia Internacional Hidrográfica de 1929 y ha sido adoptada por casi todas las naciones marítimas; a pesar, que el minuto de arco de meridiano elíptico varía con la latitud. Así tenemos que en:

$L = 0^\circ$  la magnitud de 1' de meridiano es 1.842,92 metros.

$L = 45^\circ$  la magnitud de 1' de meridiano es 1.852,28 metros.

$L = 90^\circ$  la magnitud de 1' de meridiano es 1.861,67 metros.

Estos valores se han obtenido de la Tabla 3 de Mónaco.

La tabla N° 6 de Bowditch da la magnitud del grado de latitud en la columna "Degree of latitude", la que dividida por 60 dará el valor del minuto para la latitud considerada.

No debe olvidarse que la tabla Bowditch está calculada para un achatamiento de 1/294,98 y que las tablas de Mónaco emplean el elipsoide internacional con un achatamiento de 1/297. Sin embargo para los fines de navegación no se comete error alguno al emplear las tablas de Bowditch u otras similares.

Los métodos para obtener la distancia recorrida por la nave son:

- a) Mediante el "tiempo" cuando la velocidad es uniforme.
- b) Por las "revoluciones" de la hélice.
- c) Mediante instrumentos llamados "correderas".
- d) Por situaciones cosieras o astronómicas.

Solamente en el último sistema se obtendrá la distancia más exacta. En los tres restantes, o sea el a, b, y c, se cometerán errores, cualquiera que sea el método que se emplea para determinar la distancia, debido a:

- 1) Variaciones en el asiento del buque; pues un aumento o disminución del calado medio, o una alteración de asiento longitudinal, bastan para producir sensibles diferencias en velocidad.



2) Cuanto más sucio esté el casco, mayor será la pérdida de velocidad. En las regiones tropicales los fondos se ensucian rápidamente; en cambio, los ríos y aguas dulces reducen el espesor de las inscrustaciones de moluscos o algas.

3) El viento y la mar afectan a la velocidad, según su dirección sea por la proa o popa. Disminuye el andar cuando es por la proa y aumenta cuando es por la popa.

4) Cuando las revoluciones de la máquina no son constantes, acarrearán variaciones en la velocidad. Si el contador de revoluciones es del tipo continuo este error no existe.

5) Cuando un buque navega en fondos someros, su andar es retrasado en razón directa de su velocidad y de su desplazamiento. Como dato podemos decir que un buque de 4.500 toneladas, a 12 nudos, necesita navegar por fondos superiores a 24 metros para no sufrir este efecto.

6) El mal gobierno es causa de error, porque si el timonel hace dar grandes guiñadas, la derrota será irregular y el avance será menor.

#### 5.01 DISTANCIA NAVEGADA POR EL TIEMPO.

Sabemos que el espacio es igual a la velocidad por el tiempo, luego si tenemos una velocidad uniforme la distancia se obtiene fácilmente en función del tiempo transcurrido.

Las tablas N° 18 y 19 de Bowditch son de gran utilidad en estos casos.

La tabla N° 18 da la velocidad en nudos, cuando se navega una distancia medida de 1 milla náutica, en un determinado número de minutos y segundos de tiempo.

La tabla N° 19 da la distancia recorrida por una nave en millas náuticas para cualquier velocidad entre 0,5 y 40 nudos, en un determinado número de minutos de tiempo desde 1 a 60.

Salvo casos muy especiales, debe evitarse emplear este método, ya que cualquier error en la velocidad dará resultados erróneos que pueden traer consecuencias imprevisibles.

#### 5.02 DISTANCIA NAVEGADA POR REVOLUCIONES DE LA HÉLICE - RESBALAMIENTO.

Cuando se conoce el "Paso" de la hélice y el número de revoluciones en el lapso transcurrido, la distancia navegada por la máquina

puede ser en teoría calculada. Por ejemplo: Si en un tiempo dado, una hélice con un paso de 11 pies dio 7323 revoluciones, la distancia que debió recorrer por la máquina el buque es de 13,2 millas, puesto que:

Distancia por  $Mq = \text{Revoluciones} \times \text{Paso}$ ; y como el paso se indica en pies, para obtener millas, se divide por 6080 pies.

$$\text{Luego } Dmq = \frac{\text{Revoluciones} \times \text{Paso}}{6080} = \frac{7323 \times 11}{6080} = 13,2 \text{ millas.}$$

Otro ejemplo:

Un buque navega a 100 R.P.M. (revoluciones por minuto), su hélice tiene un paso de 12 pies. ¿Cuál será la distancia por la máquina en cuatro horas?

$$\begin{aligned} Dmq &= \frac{\text{Rev} \times \text{Paso}}{6080} \\ \text{Rev} &= \text{RPM} \times \text{Tiempo en minutos.} \\ &= 100 \times 60 \times 4 \times 12 \\ \text{Entonces } Dmq &= \frac{6080}{6080} \\ &= 47,3 \text{ millas.} \end{aligned}$$

La distancia así calculada, se le llama "distancia por revolución o por máquina" y no es igual a la distancia realmente navegada por el buque. Teóricamente, el buque debe avanzar en cada vuelta de la hélice, una distancia igual al paso de ésta; pero debido a la fricción del casco al moverse en el agua el avance se reduce notablemente. La diferencia entre el avance teórico y el real, es lo que se llama "RESBALAMIENTO" y se expresa en porcentaje, o por un coeficiente de resbalamiento. De tal forma que, si una distancia navegada por la máquina se le corrige el "Resbalamiento", que es siempre de signo negativo, obtendremos la distancia navegada por el buque y vice-versa.

El resbalamiento varía, además, con una serie de factores, tales como: estado del casco, cuanto más sucio mayor resbalamiento; viento; mar o corriente por la proa aumenta el resbalamiento y lo disminuye si es por la popa; calado; velocidad, etc. Aún en condiciones ideales, el





#### 5.04 DETERMINAR COEFICIENTES DE RESBALAMIENTO EN FUNCION DE LAS RPM.

También se pueden determinar los "coeficientes de resbalamiento" en función de las RPM. Este tipo de coeficiente no es del mismo valor numérico que el ya explicado, pues el anterior está en función de la distancia navegada en millas por el buque y la máquina; es decir la distancia verdadera se obtiene multiplicando la distancia de la máquina en millas por el coeficiente correspondiente. En cambio en el sistema que a continuación se va a tratar, se multiplica el coeficiente obtenido en función de las revoluciones, por las que ha dado la hélice en el lapso que se considere.

Este coeficiente (K) es necesario determinarlo en la milla medida con anticipación y construir una tablilla de estos coeficientes en función de las revoluciones por minuto.

Así, para calcular la distancia navegada, bastará multiplicar el coeficiente de resbalamiento por el número de revoluciones que ha dado la hélice en el lapso que se considere.

Si :  $K = \text{Coef. Resb.}$

$N = \text{N}^\circ \text{ de revoluciones en el tiempo considerado.}$

$Dv. = \text{Distancia verdadera en millas.}$

Se tendrá :  $Dv. = K \times N$

Como K es función de las RPM, habrá que determinar el valor medio de las RPM en el lapso que se trata. Con este valor se entrará a la tabla y se sacará el K correspondiente.

El valor de N lo da el tacómetro para el lapso considerado. Para buques de dos máquinas:

$$N = \frac{E + B}{2}$$

Ejemplo: Calcular la Dv. navegada entre las 1530 y 1610 horas.

1530 hrs. Tac. = 137.458

1610 hrs. Tac' = 142.432

a) Se determina  $N = \text{Tac}' - \text{Tac} = 4974$  revoluciones.

b) Se calculan las RPMm. en el lapso.

$$\text{RPMm} = \frac{4974 \text{ rev.}}{40 \text{ m}} = 124,35$$

c) De la tabla RPM - K se deduce el valor de K, entrando a ella con el argumento de 124,35 RPM, deducido en b). Supongamos que la tabla entrega un  $K = 0,001809$ .

d) Luego la Dv. =  $K \times N = 0,001809 \times 4974 = 8,997966 = 9',0$ .

#### EL RESBALAMIENTO.

(Ver párrafo 5.02).

Las principales causas que afectan el resbalamiento son:

a) Tipo de hélice. Es un factor constante, en aquellos de paso fijo y variable en las hélices de paso regulable.

b) RPM de la hélice. Constituye el factor de variación más importante. El resbalamiento aumenta a medida que aumentan las RPM.

c) Tipo del buque. Este determina el coeficiente de forma, que es un factor constante.

d) Condiciones de carga. Comprende dos aspectos: el primero es el calado y el segundo es el asiento del buque.

Grandes cambios de calado o de asiento, producen variaciones de significación en el resbalamiento. Esto no ocurre en los buques de guerra donde esos cambios son pequeños.

e) Forma del casco. Factor constante similar a c).

f) Estado de limpieza del casco. Factor variable que no introduce cambios de significación en el resbalamiento, debido a que las pinturas modernas permiten una buena limpieza de la obra viva de un buque.

g) Estado del mar. Factor variable que produce cambios importantes en el resbalamiento. Se podrá determinar aproximadamente mediante una permanente observación.

h) Incidencia del mar en el rumbo.

Las olas producirán efectos variables ya sean positivos o negativos, según la dirección de donde se reciban. Además, con mar gruesa, la hélice trabajará en forma anormal cuando llega a girar fuera del agua.

i) El viento aparente.

Según su intensidad producirá efectos positivos o negativos en el resbalamiento.

No obstante que a primera vista, la solución del problema es bastante complejo, al analizar en conjunto todos los factores para condiciones normales de mar y viento, resultan despreciables ante el valor del resbalamiento derivado de la velocidad del buque.

Para un buque de guerra, en condiciones normales de desplazamiento y para condiciones normales del mar, el resbalamiento es función de su velocidad.

La tabla de resbalamiento debe obtenerse haciendo pasadas de ida y vuelta en la milla medida. Para una determinación exacta, esta operación debiera cumplirse para cada milla verdadera de velocidad; pero el procedimiento resultaría en extremo largo (Buques de alto andar, por ejemplo 20 a 30 nudos, obligaría de 40 a 60 pasadas).

La forma práctica de construir la tabla es haciendo pasadas dobles cada 2 a 5 nudos en la milla medida, para eliminar los efectos de corriente y determinar exactamente la curva: RPM/VEL. VERDADERA, que es sensiblemente uniforme y permite determinar la tabla deseada por el cálculo.

EJEMPLO. Se hizo una pasada - ida y vuelta - en la milla medida.

Datos:

Paso de la hélice = 16' 00".

Velocidad = 5 nudos.

RPM aprox. para 5 nudos = 35 RPM.

Tiempo pasada R Norte =  $T_1 = 700$  seg.

Tiempo pasada R Sur  $T_2 = 680$  seg.

Nº Revoluciones pasada R Norte =  $N_1 = 409$ .

Nº Revoluciones pasada R Sur =  $N_2 = 397$ .

El efecto de la corriente se anula deduciendo la media de las velocidades de ida y vuelta.

a) Cálculo de la velocidad verdadera media.

$$\text{Para } T^1 = 700 \text{ seg. } V^1 = \frac{1 \times 3600}{700} = \frac{36}{7} = 5,1428 \text{ nudos.}$$

$$\text{Para } T^2 = 680 \text{ seg. } V^2 = \frac{1 \times 3600}{680} = \frac{360}{68} = 5,2941 \text{ nudos.}$$

$$V_m = \frac{5,1428 + 5,2941}{2} = \frac{10,4369}{2} = 5,2185 \text{ nudos.}$$

b) Cálculo de las RPM. medias.

$$1^{\text{a}} \text{ pasada Norte} = \frac{409 \times 60}{700}$$

$$= \frac{2454}{70} = 35,0571 \text{ RPM.}$$

$$2^{\text{a}} \text{ pasada Sur} = \frac{397 \times 60}{680}$$

$$= \frac{2382}{68} = 35,0294 \text{ RPM.}$$

$$\text{RPM}_m = \frac{35,0571 + 35,0294}{2}$$

$$= \frac{70,0865}{2} = 35,0433 \text{ RPM.}$$

Resultado: Para una velocidad verdadera de 5,22 nudos, la máquina debe desarrollar 35,04 RPM.

Esta operación se repite para velocidades de 2 en 2 ó 5 en 5 nudos. Con los resultados obtenidos se dibuja la curva de RPM-velocidad verdadera en un sistema coordenado ortogonal. Este trazado debe hacerse con gran precisión tomándose uno y otro valor al centésimo.



## c) Cálculo del resbalamiento.

De la curva RPM-velocidad verdadera se obtiene, para cada nudo de velocidad verdadero, el valor exacto de las RPM. Para cada uno de los puntos así determinados, se resuelve el problema calculando el resbalamiento.

Supongamos que en nuestro caso, la curva dio para 4 nudos 25,85 RPM, luego se tendrá:

$$\begin{aligned} \text{Resb.} &= \frac{(25,85 \times 16 \times 60 - 4 \times 6080) \times 100}{25,85 \times 16 \times 60} \\ &= \frac{(24816 - 24320) 100}{24816} \\ &= \frac{49600}{24816} = 1,9987\% \end{aligned}$$

## d) Cálculo del coeficiente de resbalamiento.

Para tener un factor más práctico con el cual hacer la estima, se determina un coeficiente para cada 1, 10, 100 ó 1.000 revoluciones de la máquina. En nuestro caso determinaremos este coeficiente para 1.000 revoluciones de la máquina:

$$\begin{aligned} K1000 &= \frac{16 \times 1000}{6080} (1 - 0,019987) \\ K1000 &= \frac{16000}{6080} \times 0,980013 \\ &= \frac{15680,208}{6080} = 2,57898 \end{aligned}$$

Entonces, para obtener la distancia verdadera navegada, se multiplicarán los miles y fracción de revoluciones por la máquina en un lapso dado, por 2,57898.

El coeficiente de resbalamiento por revolución de la máquina para RPM = 25,85 será 0,00257898. Luego, en este caso, se tendrá que multiplicar este coeficiente por las revoluciones dadas por la máquina en el intervalo considerado para obtener la distancia verdadera por el buque.

## 5.05 EJEMPLO PARA DETERMINAR EL RESBALAMIENTO Y COEFICIENTES DE RESBALAMIENTO EN LA MILLA MEDIDA.

## 1) ANTECEDENTES.

Se anotará todo lo que permita al navegante analizar y reconstituir lo efectuado.

Lugar: Bahía Concepción, Milla Medida.

Fecha:

Viento:

Mar:

Tiempo:

Gobierno:

Abatimiento:

Rv ida:

Rv vta:

Calados Proa:

Popa:

Paso hélice:

Tacómetros:

Para el ejemplo que se desarrolla a continuación el paso de las hélices = 12 pies 06 pulg. y los tacómetros marcan 1/5.

## 2) PROCEDIMIENTO.

Se efectuaron ocho pasadas frente a la milla medida con cuatro velocidades que correspondían a 130, 140, 152 y 165 RPM, aproximadamente. Para cada andar se hicieron dos pasadas a objeto de eliminar el factor corriente.

## DATOS OBSERVADOS EN LAS CORRIDAS EN LA MILLA MEDIDA.

| RP M aprox.             |     | T'                             |           | T''                            |           |
|-------------------------|-----|--------------------------------|-----------|--------------------------------|-----------|
|                         |     | T. en la corrida al R = 216°,5 |           | T. en la corrida al R = 036°,5 |           |
| 130                     |     | 4 m.                           | 25,0 seg. | 4 m.                           | 23,0 seg. |
| 140                     |     | 4 m.                           | 09,0 seg. | 4 m.                           | 10,0 seg. |
| 152                     |     | 3 m.                           | 53,0 seg. | 3 m.                           | 54,0 seg. |
| 165                     |     | 3 m.                           | 38,5 seg. | 3 m.                           | 39,0 seg. |
| PRIMER TOP (Enfilación) |     | SEGUNDO TOP (Enfilación)       |           |                                |           |
| Maq. babor (B)          |     | Maq. estribor (E)              |           | Maq. babor (B')                |           |
|                         |     |                                |           | Maq. estribor (E')             |           |
| I                       | IDA | 476.657                        | 315.563   | 476.770                        | 315.678   |
|                         | VTA | 476.936                        | 315.856   | 477.052                        | 315.973   |
| II                      | IDA | 477.287                        | 316.221   | 477.403                        | 316.339   |
|                         | VTA | 477.550                        | 316.499   | 477.668                        | 316.619   |
| III                     | IDA | 477.846                        | 316.809   | 477.963                        | 316.928   |
|                         | VTA | 478.120                        | 317.096   | 478.238                        | 317.216   |
| IV                      | IDA | 478.443                        | 317.435   | 478.561                        | 317.555   |
|                         | VTA | 478.744                        | 317.749   | 478.865                        | 317.871   |

## 3) DETERMINACION DE LAS REVOLUCIONES (N) Y TIEMPOS (T).

## 1ª Corrida

RPM aprox. = 130 V aprox. = 13,5 nudos

$$T' = 265 \text{ segs.} \quad N' = 570,0$$

$$T'' = 263 \text{ segs.} \quad N'' = 582,5$$

El valor de  $T' = 265$  segs. corresponde a los 4 m. 25 segs.El valor de  $T'' = 263$  segs. corresponde a los 4 m. 23 segs.El valor de  $N' = 570,0$  se ha deducido de la siguiente forma:

$$B' - B = 770 - 657 = 113$$

$$E' - E = 678 - 563 = 115$$

$$\text{Suma} = 228$$

$$\text{Media} = 114$$

$$114 \times 5 = 570$$

El valor de  $N'' = 582,5$  se ha deducido de la siguiente forma:

$$B' - B = 1052 - 936 = 116$$

$$E' - E = 973 - 856 = 117$$

$$\text{Suma} = 233$$

$$\text{Media} = 116,5$$

$$116,5 \times 5 = 582,5$$

De igual manera se deducen estos valores para las restantes tres corridas.

## IIª Corrida

RPM aprox. = 140  
V aprox. = 14,5 nudos

$$T' = 249 \text{ segs.} \quad N' = 585,0$$

$$T'' = 250 \text{ segs.} \quad N'' = 595,0$$

## IIIª Corrida

RPM aprox. = 152  
V aprox. = 15,5 nudos

$$T' = 233 \text{ segs.} \quad N' = 590,0$$

$$T'' = 234 \text{ segs.} \quad N'' = 595,0$$

## IVª Corrida

RPM aprox. = 165  
V aprox. = 16,5 nudos

$$T' = 218,5 \text{ segs.} \quad N' = 595,0$$

$$T'' = 219,0 \text{ segs.} \quad N'' = 607,5$$

## 4) DETERMINACION DE LAS VELOCIDADES VERDADERAS (V) Y RPM.

(Corresponden a valores medios de V y RPM).



## Iª Corrida

$$\text{Para } T' = 265,0 \text{ segs. } V' = \frac{1 \times 3600}{265} = 13,585 \text{ nudos.}$$

$$\text{Para } T'' = 263,0 \text{ segs. } V'' = \frac{1 \times 3600}{263} = 13,688 \text{ nudos.}$$

$$V_1 = \frac{13,585 + 13,688}{2} = 13,637 \text{ nudos.}$$

$$\text{Para } T' = 265,0 \text{ segs. } R P M' = \frac{570 \times 60}{265} = 129,057$$

$$\text{Para } T'' = 263,0 \text{ segs. } R P M'' = \frac{582,5 \times 60}{263} = 132,890$$

$$R P M_1 = \frac{129,057 + 132,890}{2} = 130,974$$

## IIª Corrida

$$\text{Para } T' = 249,0 \text{ seg. } V' = \frac{1 \times 3600}{249} = 14,458 \text{ nudos.}$$

$$\text{Para } T'' = 250,0 \text{ segs. } V'' = \frac{1 \times 3600}{250} = 14,400 \text{ nudos.}$$

$$V_2 = \frac{14,458 + 14,400}{2} = 14,429 \text{ nudos.}$$

$$\text{Para } T' = 249,0 \text{ seg. } R P M' = \frac{585 \times 60}{249} = 140,964$$

$$\text{Para } T'' = 250,0 \text{ segs. } R P M'' = \frac{595 \times 60}{250} = 142,800$$

$$R P M_2 = \frac{140,964 + 142,800}{2} = 141,882$$

## IIIª Corrida

$$\text{Para } T' = 233,0 \text{ segs. } V' = \frac{1 \times 3600}{233} = 15,451 \text{ nudos.}$$

$$\text{Para } T'' = 234,0 \text{ segs. } V'' = \frac{1 \times 3600}{234} = 15,385 \text{ nudos.}$$

$$V_3 = \frac{15,451 + 15,385}{2} = 15,418 \text{ nudos.}$$

$$\text{Para } T' = 233,0 \text{ segs. } R P M' = \frac{590 \times 60}{233} = 151,931$$

$$\text{Para } T'' = 234,0 \text{ segs. } R P M'' = \frac{595 \times 60}{234} = 152,564$$

$$R P M_3 = \frac{151,931 + 152,564}{2} = 152,248$$

## IVª Corrida.

$$\text{Para } T' = 218,5 \text{ segs. } V' = \frac{1 \times 3600}{218,5} = 16,476 \text{ nudos.}$$

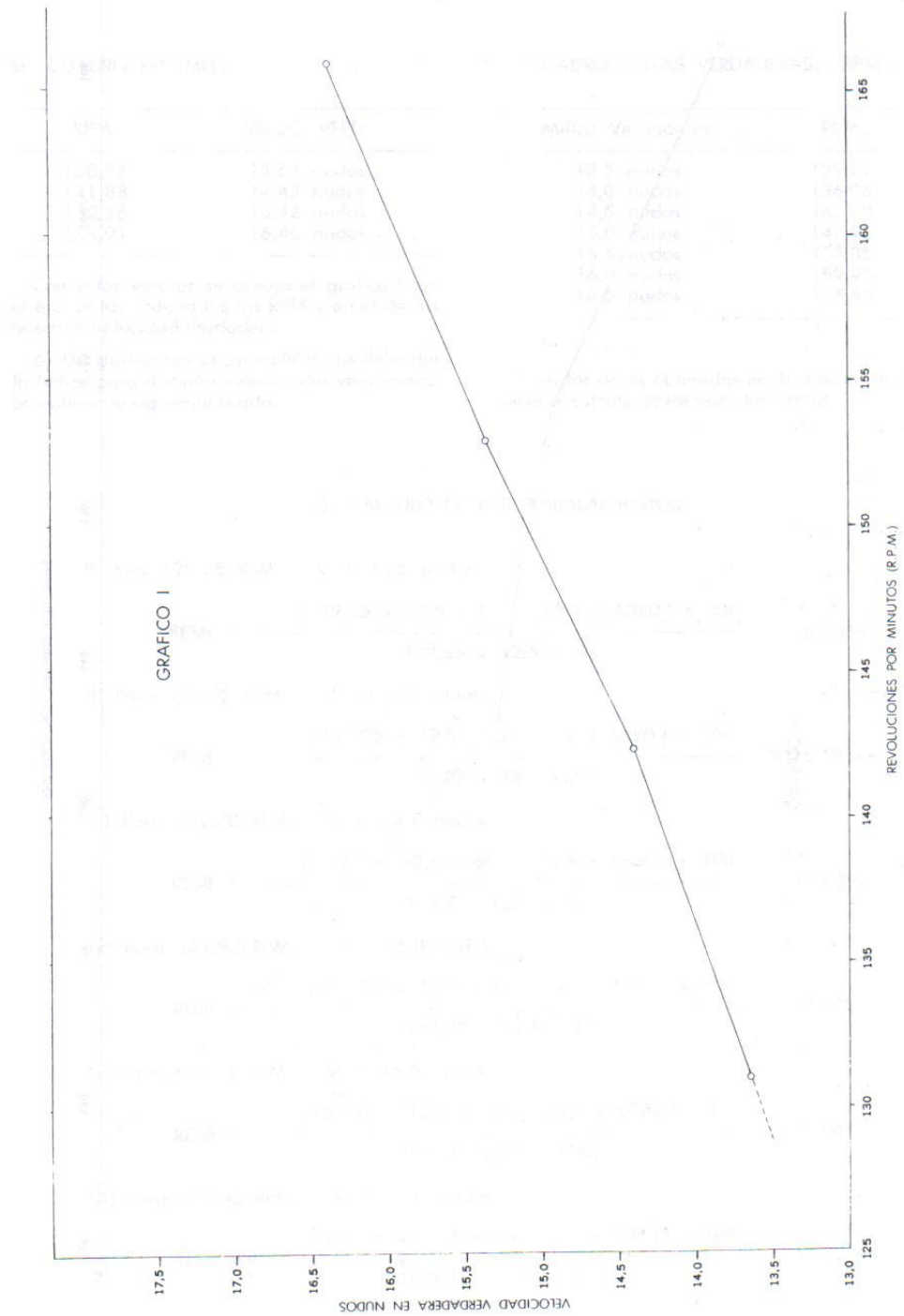
$$\text{Para } T'' = 219,0 \text{ segs. } V'' = \frac{1 \times 3600}{219} = 16,438 \text{ nudos.}$$

$$V_4 = \frac{16,476 + 16,438}{2} = 16,457 \text{ nudos.}$$

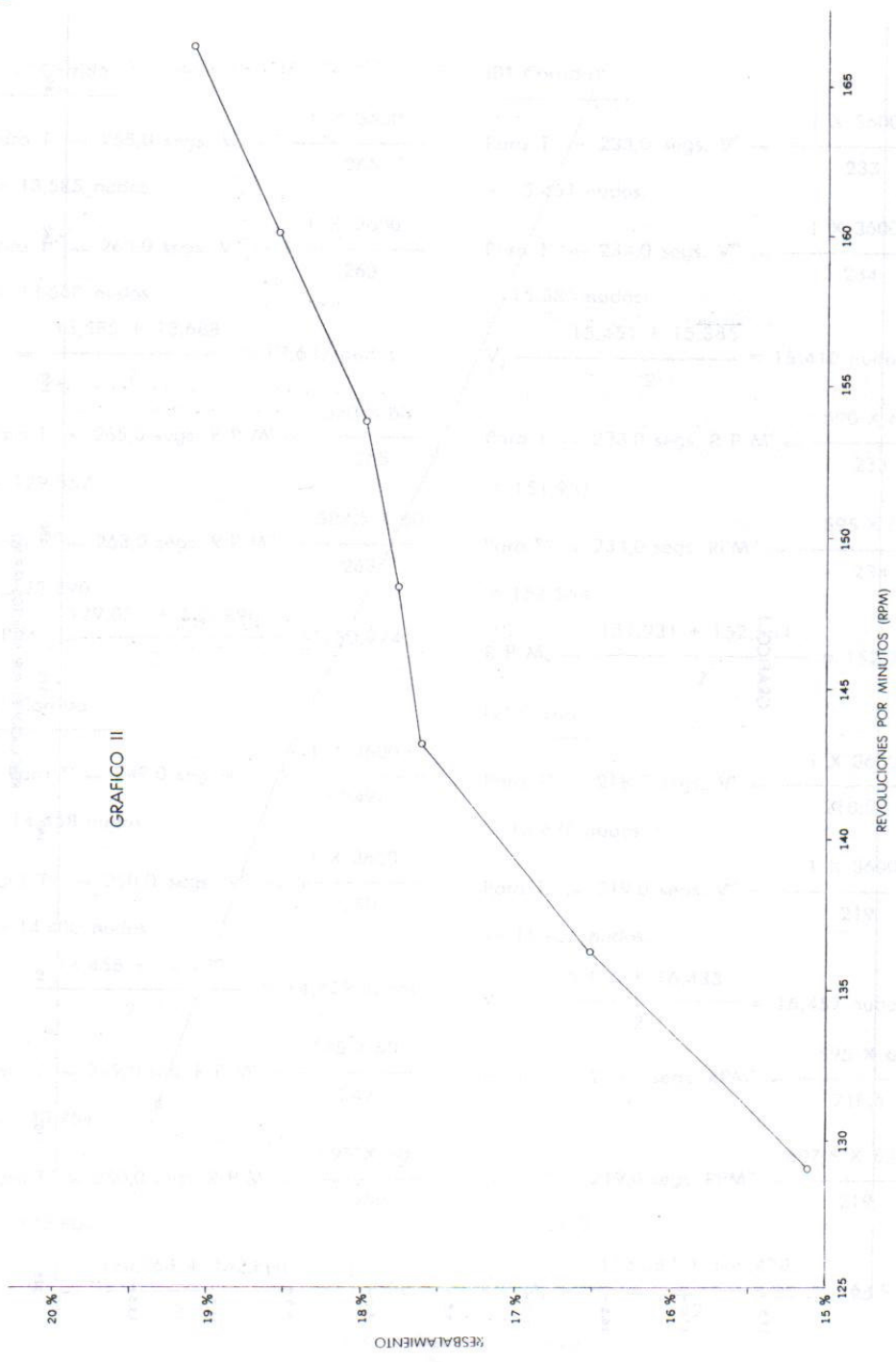
$$\text{Para } T' = 218,5 \text{ segs. } R P M' = \frac{595 \times 60}{218,5} = 163,387$$

$$\text{Para } T'' = 219,0 \text{ segs. } R P M'' = \frac{607,5 \times 60}{219} = 166,438$$

$$R P M_4 = \frac{163,387 + 166,438}{2} = 164,913$$







## 5) CUADRO RESUMEN

| RPM    | VELOC. VERD. |
|--------|--------------|
| 130,97 | 13,64 nudos  |
| 141,88 | 14,43 nudos  |
| 152,25 | 15,42 nudos  |
| 164,91 | 16,46 nudos  |

Con estos valores se dibuja el gráfico I; en el eje de las ordenadas las RPM y en el de las abscisas Velocidad Verdadera.

6) Del gráfico I se sacan las RPM que debe dar la hélice para distintas velocidades verdaderas. Se obtiene el siguiente cuadro:

## CUADRO MILLAS VERDADERAS - RPM.

| Millas Verdaderas | RPM    |
|-------------------|--------|
| 13,5 nudos        | 129,25 |
| 14,0 nudos        | 136,05 |
| 14,5 nudos        | 142,70 |
| 15,0 nudos        | 147,92 |
| 15,5 nudos        | 153,35 |
| 16,0 nudos        | 159,45 |
| 16,5 nudos        | 165,55 |

Con los datos obtenidos en el cuadro, se procede al cálculo de los resbalamientos.

## 7) CALCULO DE LOS RESBALAMIENTOS.

I) Para 129,25 RPM - V = 13,5 nudos.

$$\text{RESB} = \frac{(129,25 \times 12,5 \times 60 - 13,5 \times 6080) \times 100}{129,25 \times 12,5 \times 60} = 15,33\%$$

II) Para 136,05 RPM - V = 14,0 nudos.

$$\text{RESB} = \frac{(136,05 \times 12,5 \times 60 - 14 \times 6080) \times 100}{136,05 \times 12,5 \times 60} = 16,58\%$$

III) Para 142,70 RPM - V = 14,5 nudos.

$$\text{RESB} = \frac{(142,7 \times 12,5 \times 60 - 14,5 \times 6080) \times 100}{142,7 \times 12,5 \times 60} = 17,63\%$$

IV) Para 147,92 RPM - V = 15,0 nudos.

$$\text{RESB} = \frac{(147,92 \times 12,5 \times 60 - 15 \times 6080) \times 100}{147,92 \times 12,5 \times 60} = 17,79\%$$

V) Para 153,35 RPM - V = 15,5 nudos.

$$\text{RESB} = \frac{(153,35 \times 12,5 \times 60 - 15,5 \times 6080) \times 100}{153,35 \times 12,5 \times 60} = 18,06\%$$

VI) Para 159,45 RPM - V = 16,0 nudos.

$$\text{RESB} = \frac{(159,45 \times 12,5 \times 60 - 16 \times 6080) \times 100}{159,45 \times 12,5 \times 60} = 18,65\%$$



VII) Para 165,55 RPM - V = 16,5 nudos.

$$\text{RESB} = \frac{(165,55 \times 12,5 \times 60 - 16,5 \times 6080) \times 100}{165,55 \times 12,5 \times 60} = 19,20\%$$

8) Con los resbalamientos calculados en 7) se confecciona el gráfico II; en las ordenadas el resbalamiento y en las abscisas las RPM.

De este trazado se sacan los resbalamientos de media en media RPM, obteniéndose el siguiente cuadro:

CUADRO R. P. M. - % RESBALAMIENTO

| R.P.M. | % R.  | R.P.M. | % R.  | R.P.M. | % R.  | R.P.M. | % R.  | R.P.M. | % R.  |
|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| 129,25 | 15,33 | 136,50 | 16,65 | 144,00 | 17,67 | 151,50 | 17,97 | 159,00 | 18,61 |
| 129,50 | 15,38 | 137,00 | 16,74 | 144,50 | 17,69 | 152,00 | 18,00 | 159,45 | 18,65 |
| 130,00 | 15,47 | 137,50 | 16,82 | 145,00 | 17,70 | 152,50 | 18,02 | 159,50 | 18,66 |
| 130,50 | 15,57 | 138,00 | 16,90 | 145,50 | 17,72 | 153,00 | 18,04 | 160,00 | 18,70 |
| 131,00 | 15,66 | 138,50 | 16,98 | 146,00 | 17,73 | 153,35 | 18,06 | 160,50 | 18,75 |
| 131,50 | 15,76 | 139,00 | 17,06 | 146,50 | 17,75 | 153,50 | 18,08 | 161,00 | 18,80 |
| 132,00 | 15,85 | 139,50 | 17,14 | 147,00 | 17,76 | 154,00 | 18,13 | 161,50 | 18,84 |
| 132,50 | 15,94 | 140,00 | 17,21 | 147,50 | 17,78 | 154,50 | 18,18 | 162,00 | 18,89 |
| 133,00 | 16,03 | 140,50 | 17,29 | 147,92 | 17,79 | 155,00 | 18,23 | 162,50 | 18,93 |
| 133,50 | 16,12 | 141,00 | 17,37 | 148,00 | 17,80 | 155,50 | 18,28 | 163,00 | 18,98 |
| 134,00 | 16,22 | 141,50 | 17,45 | 148,50 | 17,82 | 156,00 | 18,32 | 163,50 | 19,02 |
| 134,50 | 16,31 | 142,00 | 17,52 | 149,00 | 17,85 | 156,50 | 18,37 | 164,00 | 19,07 |
| 135,00 | 16,39 | 142,50 | 17,60 | 149,50 | 17,87 | 157,00 | 18,42 | 164,50 | 19,11 |
| 135,50 | 16,48 | 142,70 | 17,63 | 150,00 | 17,90 | 157,50 | 18,47 | 165,00 | 19,15 |
| 136,00 | 16,57 | 143,00 | 17,64 | 150,50 | 17,92 | 158,00 | 18,52 | 165,50 | 19,19 |
| 136,05 | 16,58 | 143,50 | 17,65 | 151,00 | 17,95 | 158,50 | 18,56 | 165,55 | 19,20 |

Este cuadro corresponde a la Tabla de Resbalamiento definitivo.

#### 9) CALCULO DEL COEFICIENTE DE RESBALAMIENTO.

calculan los COEFICIENTES DE RESBALAMIENTO, sirviendo de antecedente el cuadro anterior.

Conforme a lo expuesto en páginas 104, 105 y 106, para los fines prácticos de Navegación, se

En el caso de nuestro ejemplo se tendrá:

$$\text{Dmaq} = \frac{12,5 \times N \times 5}{6080} = 0,0103 \text{ N}$$

$$\text{Dv} = \text{Dmaq} (1 - \% R) = 0,0103 (1 - \% R) \text{ N}$$

$$\text{y como: } \text{Dv} = \text{K N}$$

$$\text{K} = 0,0103 (1 - \% R)$$

Para 136 RPM se tiene Resb. = 16,57

$$\text{K} = 0,0103 (1 - 0,1657) = 0,00859329$$

En la forma indicada anteriormente, se calcula el Coef. K para los distintos resbalamientos que corresponden a diferentes RPM., obteniéndose

la nueva y definitiva tabla que se usará para obtener las distancias navegadas:

TABLA R.P.M. — COEFICIENTE K

| R.P.M. | K.         | R.P.M. | K.         | R.P.M. | K.         |
|--------|------------|--------|------------|--------|------------|
| 129,25 | 0,00872101 | 142,00 | 0,00849544 | 153,50 | 0,00843776 |
| 129,5  | 0,00871586 | 142,5  | 0,00848720 | 154,0  | 0,00843261 |
| 130,0  | 0,00870659 | 142,7  | 0,00848411 | 154,5  | 0,00842746 |
| 130,5  | 0,00869629 | 143,0  | 0,00848308 | 155,0  | 0,00842231 |
| 131,0  | 0,00868702 | 143,5  | 0,00848205 | 155,5  | 0,00841716 |
| 131,5  | 0,00867672 | 144,0  | 0,00847999 | 156,0  | 0,00841304 |
| 132,0  | 0,00866745 | 144,5  | 0,00847793 | 156,5  | 0,00840789 |
| 132,5  | 0,00865818 | 145,0  | 0,00847690 | 157,0  | 0,00840274 |
| 133,0  | 0,00864891 | 145,5  | 0,00847484 | 157,5  | 0,00839759 |
| 133,5  | 0,00863964 | 146,0  | 0,00847381 | 158,0  | 0,00839244 |
| 134,0  | 0,00862934 | 146,5  | 0,00847175 | 158,5  | 0,00838832 |
| 134,5  | 0,00862007 | 147,0  | 0,00847072 | 159,0  | 0,00838317 |
| 135,0  | 0,00861183 | 147,5  | 0,00846866 | 159,45 | 0,00837905 |
| 135,5  | 0,00860256 | 147,92 | 0,00846763 | 159,5  | 0,00837802 |
| 136,0  | 0,00859329 | 148,0  | 0,00846660 | 160,0  | 0,00837390 |
| 136,05 | 0,00859226 | 148,5  | 0,00846454 | 160,5  | 0,00836875 |
| 136,5  | 0,00858505 | 149,0  | 0,00846145 | 161,0  | 0,00836360 |
| 137,0  | 0,00857578 | 149,5  | 0,00845939 | 161,5  | 0,00835948 |
| 137,5  | 0,00856754 | 150,0  | 0,00845630 | 162,0  | 0,00835433 |
| 138,0  | 0,00855930 | 150,5  | 0,00845424 | 162,5  | 0,00835021 |
| 138,5  | 0,00855106 | 151,0  | 0,00845115 | 163,0  | 0,00834506 |
| 139,0  | 0,00854282 | 151,5  | 0,00844909 | 163,5  | 0,00834094 |
| 139,5  | 0,00853458 | 152,0  | 0,00844600 | 164,0  | 0,00833579 |
| 140,0  | 0,00852737 | 152,5  | 0,00844394 | 164,5  | 0,00833167 |
| 140,5  | 0,00851913 | 153,0  | 0,00844188 | 165,0  | 0,00832755 |
| 141,0  | 0,00851089 | 153,35 | 0,00843982 | 165,5  | 0,00832343 |
| 141,5  | 0,00850265 |        |            | 165,55 | 0,00832240 |

Ejemplo: En un lapso determinado el buque navegó por la máquina  $N = 6330$  revoluciones. Las RPMm = 151. Se desea conocer la Dv.

De la tabla : para RPM = 151 se obtiene  $K = 0,00845115$

$$Dv = 0,00845115 \times 6330 = 53,4957795$$

$$= 53',5$$

NOTA: a) De haber adoptado para K el valor de 0.00845 la distancia verdadera deducida habría sido  $Dv = 53,49 = 53,5$ .

b) El valor de  $N = 6330$  se obtuvo de:

$$N = \frac{E + B}{2} \times 5 = \frac{1284 + 1248}{2} \times 5$$

$$= \frac{2532}{2} \times 5 = 1266 \times 5 = 6330.$$



### 5.06 DISTANCIA NAVEGADA POR CORREDERA.

Las correderas son instrumentos destinados a medir la distancia navegada por el buque. Las hay de dos tipos:

- I) Correderas de remolque.
- II) Correderas de fondo.

Las correderas de remolque consisten en un flotador de forma de tubo helicoidal, que al ser remolcado efectúa un cierto número de revoluciones en una distancia dada. Estas revoluciones se transmiten a través de una línea de cabo a una unidad llamada "Registrador" donde se indica el espacio recorrido por el buque.

Este tipo de corredera indica sólo la distancia navegada por el buque. La velocidad se puede determinar dividiendo la distancia por el tiempo en el lapso considerado.

Las correderas de fondo, cuyo uso ha desplazado a las correderas de remolque, se caracterizan por llevar su sistema propulsor junto al casco del buque, en lugar de remolcado. Este sistema puede ser de hélice, por diferencia de las presiones estática y dinámica, o electromagnéticos. Estas correderas además de indicar la distancia recorrida por el buque indican también la velocidad que lleva.

### 5.07 CORREDERAS DE REMOLQUE.

La mayoría de las correderas de remolque que aún están en uso en nuestro servicio, son de la marca Walker, distinguiéndose los siguientes tipos:

- 1) Las CHERUB, para velocidades de 6 a 14 nudos.
- 2) Las TRIDENT y NEPTUNE, para velocidades mayores de 14 nudos.

También hay de la marca Negus, que en general son muy similares.

#### I. CORREDERAS CHERUB.

Como todas las correderas de remolque consta de cuatro partes:

- a) Mecanismo registrador.
- b) Volante.
- c) Línea.
- d) Flotador.

El mecanismo registrador va encerrado en una caja cilíndrica de bronce. Se compone de varias ruedas dentadas de bronce formando en conjunto un mecanismo parecido al de un reloj. Este mecanismo transmite sus movimientos a unos punteros que indican la distancia navegada en una esfera visible a través de una tapa de vidrio que va por la parte delantera de la caja.

El mecanismo recibe movimiento por medio de un eje horizontal que sobresale de la caja, el cual a su vez lo recibe del flotador por intermedio de la línea que se engancha en la argolla que su extremo posterior forma con este objeto. Dicho eje constituye la parte trasera del registrador y va alojado dentro de la misma caja del mecanismo que en esa parte es de menor diámetro. Este eje va montado en descanso de balines con el objeto de disminuir la fricción y asegurar un movimiento libre y fácil. La caja tiene dos muñones para apoyarse sobre una horquilla giratoria, cuyo pie encaja en una ranura en forma de herradura de la zapata o calzo, la cual se atornilla y asegura en la regala del buque cerca del coronamiento o en el extremo de un pequeño tangón afirmado a los candeleros de la baranda, vecino siempre a dicho coronamiento. El registrador tiene así dos movimientos, uno vertical de poca amplitud alrededor de los muñones y otro horizontal de la horquilla sobre el soporte. Estos movimientos son los precisos para que el eje del registrador siga siempre la dirección longitudinal de la línea.

La zapata o calzo lleva un resorte de hoja cuyo extremo libre termina en un tetón. La parte inferior de éste se introduce en un agujero del pie de la horquilla y de este modo, tanto el registrador como la horquilla se mantienen asegurados a la zapata y al buque.

El volante es una rueda de fierro galvanizado, de unos 25 cms. de diámetro que se conecta al eje horizontal del registrador por medio de un gancho ubicado en uno de los chicotes del trozo de piola trenzada de unos 45 cms. de largo. Por su cara de popa el eje del volante lleva una argolla donde se engancha la línea de la corredera. El objeto del volante es hacer uniforme las revoluciones que imprime el flotador.

La línea es de cabo trenzado, igual que el de las drizas de las banderas. Por un extremo termina en un gancho de bronce de forma especial que se engancha por la cara de popa del eje del volante. El otro se aloja por medio de un nudo en la pieza de unión que para este objeto lleva la



rabiza del flotador. La línea tiene por objeto transmitir al mecanismo del registrador el movimiento de torsión que imprime el flotador al girar en el agua.

La exactitud de las indicaciones en la corredera, depende en gran parte de la longitud de la línea. La longitud de la línea está en razón directa de la velocidad del buque y no de su eslora. Esta longitud no es la misma para todos los buques, por lo que deberán efectuarse experiencias en las navegaciones sobre distancias conocidas, a fin de tener la longitud que debe emplearse en cada caso. Se ha comprobado que sobre los 18 nudos de velocidad las líneas se cortan con gran facilidad; por eso se recomienda usar las correderas de remolque sólo hasta esa velocidad.

Se recomienda también usar líneas de la mayor longitud posible, ya que de este modo, el flotador va bien sumergido y la corredera no será afectada por la estela del buque.

La longitud de la línea más adecuada, no se aleja mucho, en general, de las siguientes:

| Velocidad Máxima | Longitud       |
|------------------|----------------|
| 12 nudos         | 75 metros      |
| 15 nudos         | 90—100 metros  |
| 18 nudos         | 110—120 metros |
| 20 nudos         | 128—145 metros |
| 25 nudos         | 180—220 metros |

Si no se obtienen buenos resultados con las longitudes anteriores, se tomará en consideración para variar esta longitud la regla siguiente:

"A mayor longitud de la línea, corresponde generalmente un aumento en las indicaciones de la corredera y vice-versa".

Una vez determinada la longitud de la línea no debe alterarse más.

Una línea nueva alarga considerablemente con el uso, por esto antes de usarla debe mojarse, estirarse y medirse cuidadosamente.

El flotador es la parte básica del instrumento, consiste en un cilindro hueco de bronce con cuatro aspas de forma helicoidal, las cuales sirven para imprimirle un movimiento de rotación al ser arrastrado por el buque. Por la parte de proa el cilindro termina en una argolla en donde se afirma una rabiza de piola trenzada de 66 centímetros de largo, en el otro extremo de esta

rabiza se afirma la pieza de unión que se usa para conectar el flotador a la línea de la corredera.

## II. CORREDERAS NEPTUNE Y TRIDENT.

Estas correderas son de mayor tamaño que la corredera Cherub, pero con igual dispositivo tanto interior como exterior. Debido a que se usan principalmente en velocidades sobre 14 nudos el mecanismo registrador es más sólido en todas sus partes, traen "doble juego" de balines de los que trabaja uno, el otro centra el eje, pudiendo invertirse, para usarlos alternativamente en caso de desgaste de un juego.

La corredera Neptune usa flotador de su misma marca.

La corredera Trident usa flotador Cherub.

Todas usan el mismo tipo de volante.

El registrador tiene su esfera graduada en unidades, de cero a cien millas. Además lleva dos círculos pequeños interiores, el de la derecha indica las centenas de millas, y el de la izquierda indica los décimos de millas.

## 5.08 CORREDERAS CON REPETIDOR.

Todas las correderas traen un dispositivo eléctrico, que permite dar las indicaciones de la corredera al puente; para ello, se ha agregado un contacto a una de las ruedas del mecanismo, que se encarga de cerrar el circuito en cada vuelta; la corriente así establecida, hace funcionar un electromagneto o relay en el repetidor del puente, cuya armadura, al ser atraída, trabaja como un escape de un reloj, moviendo una rueda dentada, la que mueve las manecillas que marcan décimos, unidad y centena; o sea, el circuito se cierra cada  $1/10$  de milla.

Es conveniente comparar las lecturas entre el mecanismo registrador y el repetidor en el puente, por lo menos una vez en el cuarto de guardia. En caso de diferencia se moverán los punteros del repetidor.

## 5.09 USO DE LA CORREDERA DE REMOLQUE.

Cualquiera que sea la marca de las correderas de remolque, se usarán siempre con un mismo mecanismo registrador, volante, línea, flotador y en la misma "banda", para lo cual



se marca cada elemento en forma particular. Esto se hace con el propósito de estudiar sus informaciones y obtener con ello, conclusiones que permitan determinar una correcta distancia navegada en toda circunstancia.

#### 5.10 MODO DE ECHAR LA CORREDERA AL AGUA.

1) Coloque el Registrador en la zapata o calzo, teniendo la precaución que la horquilla quede firme en su sitio y asegurado su pie por medio del tetón con resorte que lleva el calzo.

2) Coloque todos los punteros del registrador en cero.

3) Conecte el volante y enseguida la línea, la cual previamente se habrá extendido bien adujada hacia popa sobre la baranda del costado.

4) Una la línea al flotador, por medio de la pieza de unión que lleva el extremo de la rabiza, (en caso que no lo hubiere hecho con anterioridad).

5) Deslice al agua el flotador dejándolo caer con suavidad, sin golpearlo en el agua ni al costado. Arrie la línea poco a poco a medida que pida, a fin de que no se formen cocas, hasta que falte poco; momento que se tomará firmemente el chicote, aguantándolo sobre mano, evitando que la estrepada llegue al mecanismo.

6) Una vez que ha salido toda la línea y se encuentre tensa se larga, arrancando velozmente el volante debido a las revoluciones acumuladas, para luego tomar la cadencia de la navegación.

7) Las lecturas de la corredera deben hacerse una vez que funcione normalmente y la distancia navegada se deducirá siempre por diferencias de lecturas sin tocar los punteros de la esfera del Registrador.

#### 5.11 MODO DE RECOGER LA CORREDERA.

1) Desconecte la línea de volante.

2) El chicote de la línea se pasa por la cara delantera de una bita o de un candelerero y se irá lanzando el agua a medida que se vaya cobrando la línea para acercar el flotador al buque.

3) Cuando el flotador esté en el buque tendremos todo el resto de la línea en el agua.

4) Bastará halar corrido de la línea y se tendrá a bordo toda ella, sin peligro de que se hubieran formado cocas, ni producido picaduras, como habría sucedido, si no se hace esta operación; pues, el flotador al traerlo hacia el buque viene funcionando, tratando de torcer el cabo, que ya no tiene punto de gira en el eje del registrador.

5) El objeto de pasar la línea por la cara delantera de una bita o candelerero es como medida de seguridad para que no se vaya en banda al agua por algún descuido.

#### 5.12 CUIDADOS Y CONSERVACION DE LAS CORREDERAS DE REMOLQUE.

1) Cada registrador se usará siempre con su respectivo volante, línea y flotador.

2) Cada corredera se colocará en la banda del buque que se le destine, debiendo marcársela para evitar equivocaciones.

3) Se observará que la línea no tenga nudos, ni cocas, especialmente en las partes que van sumergidas en el agua.

4) Al unir la línea con el flotador, por medio de la pieza de unión, debe cerciorarse que el nudo hecho en el chicote con este objeto, quede bien alojado en ella de modo que por los agujeros laterales no aparezca parte alguna sobresaliente de dicho nudo.

5) Cuando por pérdida del flotador haya necesidad de colocarse el de repuesto, las indicaciones de la corredera deberán estudiarse de nuevo.

6) La causa más general del error de una corredera son los golpes en el flotador al echarlo o sacarlo del agua, o en su manejo cuando se le estiba con la línea. Los golpes afectan siempre a las aletas, produciendo dobladuras en el sentido de su longitud sin dejar a veces huellas notables. Si a una escuadra de madera se le corta la parte próxima al ángulo recto, se tiene un buen instrumento para rectificar las aletas, que por construcción están en ángulo recto unas con respecto a otras.

7) El flotador debe lavarse con agua dulce después de usarlo, evitando así las oxidaciones.

8) La línea debe lavarse con agua dulce después de usarla para impedir corrosiones por efecto de las sales del agua de mar. Debe estar completamente seca antes de guardarse para evitar que se pudra con la humedad.

El registrador debe guardarse siempre en su caja de estiba, previamente lubricado.

9) Al echar la corredera al agua debe cerciorarse que los punteros del registrador estén en cero, como asimismo, anotarse la hora que empezó a marcar.

10) Navegando deberá lubricarse los descansos de balines a las 0800 y 2000 horas. El aceite que se emplee debe ser especial para correderas, que es libre de ácido y de una calidad superior. Las correderas modernas traen dispositivo de lubricación a base de aceite solidificado que dura para 5000 millas navegadas.

11) Nunca en navegación deben moverse a mano los punteros de los indicadores de distancia.

12) Si va marcando ostensiblemente menos que lo que corresponde, significa que el flotador puede estar enredado con sargazos o con desperdicios del mismo buque. Será necesario entonces, levantar la corredera como se explicó anteriormente para desenredarla.

13) Si una corredera deja de marcar, es señal evidente que se ha cortado.

14) Si la corredera está marcando y no así el repetidor, significa falla eléctrica en el repetidor.

15) Cuando se cambia alguno de los elementos que componen la corredera, debe iniciarse un buen estudio de sus informaciones.

#### 5.13 CAUSAS QUE PRODUCEN ERROR EN LAS CORREDERAS.

Por muy exacta que sea la longitud de la línea para la velocidad a que se navega, existen otros factores que influyen en las informaciones, a saber.

a) El hecho de ser un instrumento mecánico no perfecto.

b) Defecto en el flotador o falta de simetría de sus aletas.

c) Grado de limpieza en el mecanismo y lubricado de los rodamientos.

d) El mar agitado y las corrientes marinas producen indicaciones erróneas.

Más adelante veremos como se determina el error que tiene una corredera y cual es su forma de aplicación.

#### 5.14 DESVENTAJAS DE LAS CORREDERAS REMOLCADAS.

En general se pueden mencionar las siguientes más importantes:

1) Un aumento en la velocidad del buque, requiere aumentar la longitud de la línea.

2) En navegación de escuadra o convoy, la línea puede ser cortada por otro buque.

3) No se puede usar en ciertos remolques.

4) No hay tiempo de recogerla si el buque da atrás repentinamente.

5) Se puede enredar en sargazos o en los desperdicios del propio buque.

6) Un aumento rápido de velocidad puede cortar la línea.

#### 5.15 CORREDERAS DE FONDO.

Estas correderas han desplazado casi totalmente a las correderas remolcadas, no apareciendo los inconvenientes señalados en el párrafo 5.14.

Las más empleadas por nosotros son:

a) Chernikeeff.

b) Pitometer.

c) Bendix.

d) Electro Magnética.

A continuación se hará en forma general la descripción, funcionamiento y mantención de estas correderas, por lo que para operarlas se deberá siempre consultar los manuales o folletos de instrucción que trae cada equipo.

#### 5.16 CORREDERA CHERNIKEEFF. (Ver fig. 5.16).

La corredera misma consiste del mecanismo sumergido y el soporte.

El mecanismo sumergido está compuesto de un propulsor o hélice de cuatro aspas que gira mediante la acción del agua, poniendo en mo-



vimiento un tornillo sin fin que actúa sobre un piñón, cuyos dientes, al ir girando, hacen contacto sobre dos láminas de platino que cierran el circuito de suministro de 20 VCC de la corredera, indicando distancia y velocidad. El mecanismo sumergido, reúne tres características muy importantes, que son: a) Como el eje no lleva empaquetadura de ninguna especie no hay lugar a que se produzcan fricciones variables. b) Es completamente impermeable, y esto se obtiene llenando el mecanismo sumergido con aceite. La única parte por donde podría suponerse que entrara agua, sería entre el eje del propulsor y sus descansos, pero el espacio que queda entre estos, es de 0,00025 de pulgada y como todo el aire se ha extraído al llenar la cámara con aceite y, habiendo igualdad de presión en ambas superficies, no podrá haber pérdida de aceite y por lo tanto el agua tampoco podrá entrar al mecanismo. c) La fricción constante es despreciable. El único trabajo que hace el mecanismo es producir contactos entre los dos pequeños resortes que llevan contactos de platino. La resistencia que tiene que vencer el propulsor es, por lo tanto, la de estos pequeños resortes, la cual está reducida por un tornillo sin fin que trabaja permanentemente en un baño de aceite. La fricción debida a la presión del agua sobre la cabeza del propulsor cuando el buque va navegando, está reducida a un mínimo por la forma redondeada de ésta. Como el propulsor está bien balanceado y su eje gira siempre sumergido en aceite, el trabajo produce un desgaste mínimo.

Como se ha explicado, el mecanismo sumergido prácticamente no tiene que vencer fricción, ni hacer algún trabajo apreciable, por lo tanto el propulsor no tiene resbalamiento y su paso teórico y práctico es idéntico. Es por esto, que se ha obtenido en estas correderas una gran sensibilidad haciéndolas aptas para registrar distancias a velocidades muy bajas, como igualmente a grandes velocidades, sin necesidad de hacerles ninguna corrección, ni cambios de engranajes en sus mecanismos.

El paso correcto del propulsor es de 1.35 pies, por lo que el propulsor da una vuelta completa cada 1,35 pies que recorre el buque.

Los piñones y tornillos sin fin en el mecanismo sumergido, están arreglados de tal modo que se produce un contacto entre los contactos de platino cada  $1\frac{1}{4}$  de revolución del propulsor es decir, al final de cada 15,2 pies de distancia recorrida, o sea cada  $\frac{1}{400}$  de milla (4,63 metros).

Cada vez que se hace un contacto en el mecanismo sumergido, se cierra el circuito de

alimentación del instrumento magistral, del distribuidor y los otros instrumentos, registrando distancia y velocidad.

El eje del propulsor debe estar siempre paralelo a la línea de quilla del buque. Si no fuera así, existirá un error constante en la lectura de los instrumentos registradores. Este error, sin embargo, puede ser determinado, y dejarse o eliminarse si se desea, alterando el paso del propulsor, lo cual se puede hacer por medio de una herramienta especial que se suministra con la corredera.

El centro del eje del propulsor está instalado bastante abajo y fuera del casco de una manera apropiada, para que no exista ningún error debido al roce del agua con el casco y sus adherencias.

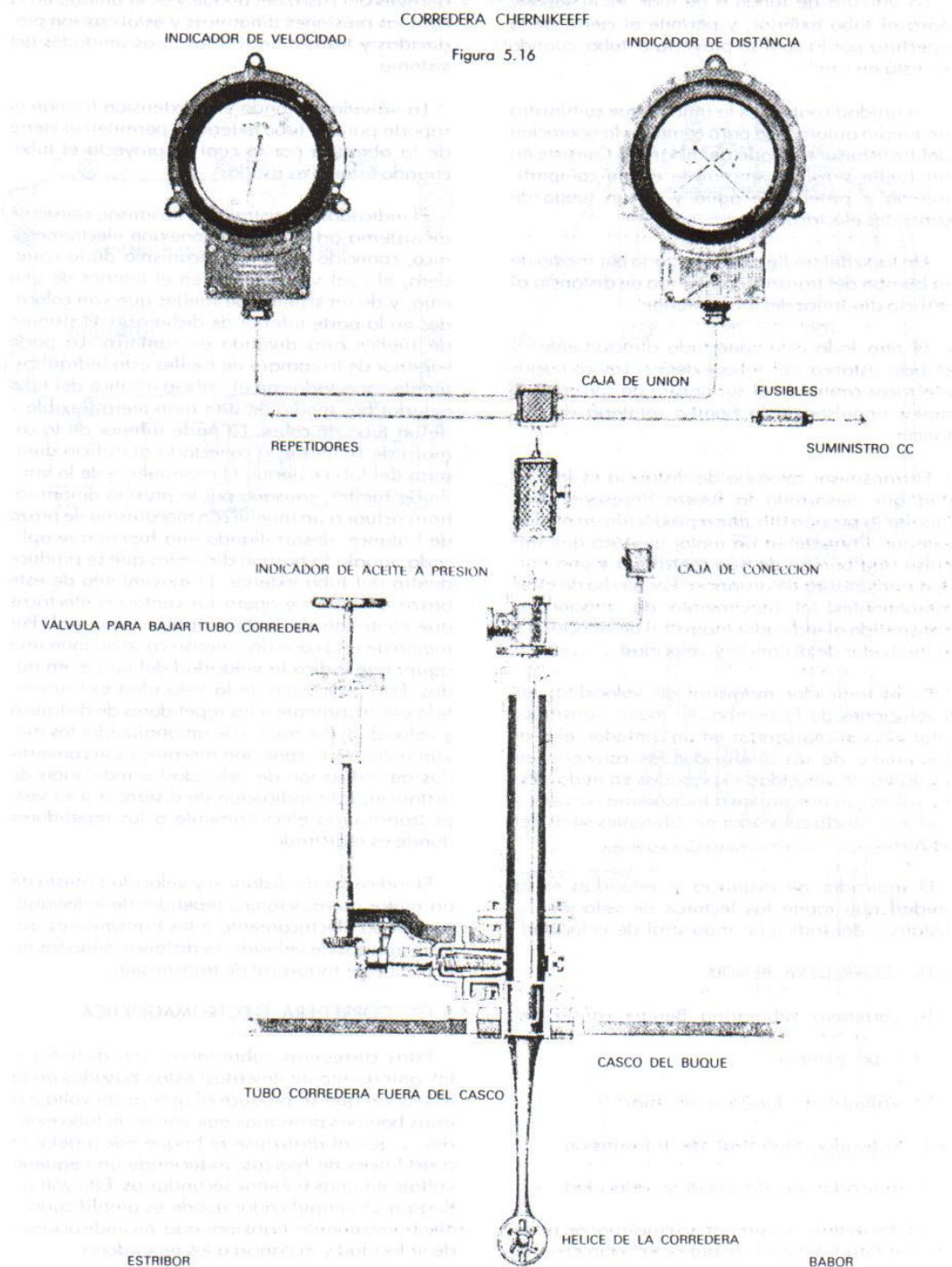
#### 5.17 CORREDERA PITOMETER.

Esta corredera es sin hélice y se funda en la diferencia de presión estática y dinámica que ejerce el agua cuando el buque toma movimiento. Esta diferencia es nula cuando el buque está detenido puesto que ambas presiones serán iguales, e irá aumentando con la velocidad del buque.

La corredera consta de seis partes principales: (Ver Fig. 5.17).

- 1) Tubo exterior.
- 2) Válvula de fondo o de mar.
- 3) Unidad control.
- 4) Transmisor rotatorio de distancia.
- 5) Indicador magistral de velocidad.
- 6) Indicador de distancia y velocidad.

El tubo exterior o tubo de Pitot se proyecta a través del casco del buque hacia el agua, y es la unidad en la cual las presiones estáticas y dinámicas son producidas y transmitidas a las otras unidades del sistema. Cuando se va a usar, sobresale bajo el casco a una distancia aproximada de un metro; estando situada en la sección de proa del buque lo más cerca posible a la línea de crujía, donde es menos afectado por los balances del buque o por la turbulencia del agua debido al efecto de las hélices.





La válvula de fondo o de mar es el soporte para el tubo exterior, y permite el cierre de la apertura por la cual se proyecta el tubo, cuando no está en uso.

La unidad control, es la unidad que suministra un medio automático para controlar la operación del transmisor rotatorio de distancia. Consiste en un fuelle sensible, encerrado en un compartimiento a prueba de agua y de un juego de contactos eléctricos.

Un lado del fuelle está conectado por medio de la bomba del transmisor rotatorio de distancia al orificio dinámico del tubo exterior.

El otro lado está conectado directamente al orificio estático del tubo exterior. Los contactos eléctricos controlan el suministro de corriente al motor impulsor de la bomba rotatoria de distancia.

El transmisor rotatorio de distancia es la unidad que desarrolla la fuerza necesaria para igualar la presión dinámica producida en el tubo exterior. Consiste en un motor eléctrico que impulsa una bomba de tipo centrífuga y una unidad transmisora de distancia. Por medio de estos componentes, el movimiento de rotación es transmitido al indicador magistral de velocidad y al indicador de distancia y velocidad.

En el indicador magistral de velocidad, las revoluciones de la bomba del motor transmisor rotatorio son registrados en un contador, el cual por medio de un analizador las convierte en unidades de velocidad expresadas en nudos. Estos valores se transmiten a indicadores de velocidad y distancia colocados en diferentes sitios del buque.

El indicador de distancia y velocidad es la unidad que repite las lecturas de velocidad y distancia del indicador magistral de velocidad.

#### 5.18 CORREDERA BENDIX.

La corredera submarina Bendix consta de:

- 1) Tubo exterior.
- 2) Válvula de fondo o de mar.
- 3) Indicador magistral de transmisión.
- 4) Indicador de distancia y velocidad.

El tubo exterior es similar en construcción al de la corredera Pitometer, se proyecta hacia el agua

a través del casco del buque y es la unidad en la cual las presiones dinámicas y estáticas son producidas y transmitidas a las otras unidades del sistema.

La válvula de fondo y su extensión forman el soporte para el tubo exterior y permiten el cierre de la apertura por la cual se proyecta el tubo, cuando éste no es usado.

El indicador magistral de transmisor, consta de un sistema articulado de conexión electromecánico, conocido como el mecanismo de la corredera, el cual va montado en el interior de una caja, y de un sistema de fuelles que van colocados en la parte inferior de dicha caja. El sistema de fuelles está dividido en cámaras. La parte superior de la cámara de fuelles está hidráulicamente conectada con el orificio estático del tubo exterior por medio de una manguera flexible y de un tubo de cobre. La parte inferior de la cámara de fuelles está conectada al orificio dinámico del tubo exterior. El movimiento de la varilla de fuelles, causado por la presión dinámica, hará actuar a un muelle con mecanismo de brazo de balance, desarrollando una fuerza que aplicada, iguala la presión dinámica que se produce dentro del tubo exterior. El movimiento de este brazo de balance opera los contactos eléctricos que controlan un motor impulsor principal. Por medio de una conexión mecánica se acciona una aguja que indica la velocidad del buque en nudos. Esta indicación de la velocidad es transmitida eléctricamente a los repetidores de distancia y velocidad. Por medio de un analizador los movimientos de la conexión mecánica son convertidos de indicación de velocidad a indicación de distancia, esta indicación de distancia a su vez, es transmitida eléctricamente a los repetidores donde es registrado.

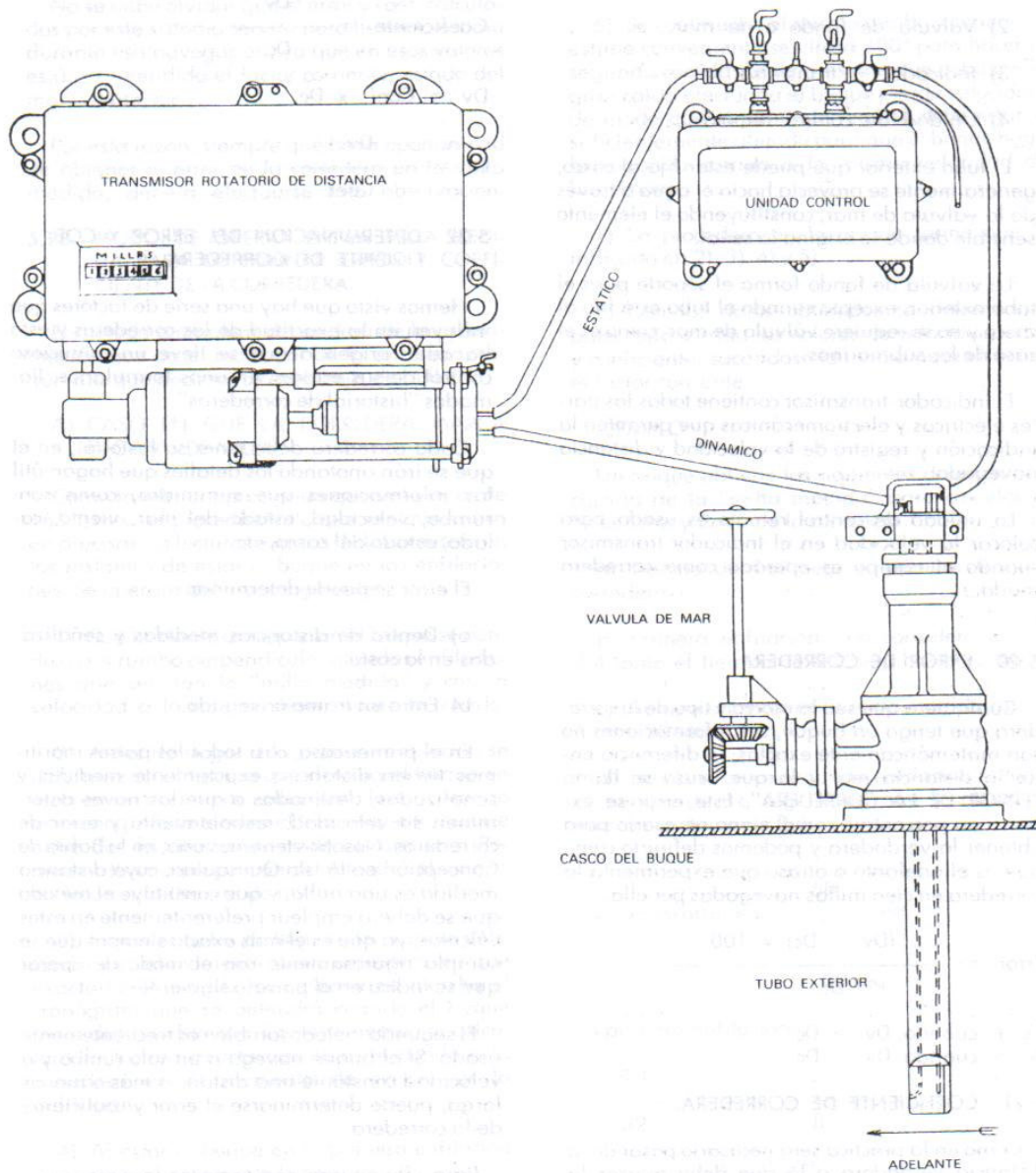
El indicador de distancia y velocidad consta de un motor autosincrónico repetidor de velocidad, conectado eléctricamente a los transmisores autosincrónicos de velocidad y distancia situados en el indicador magistral de transmisión.

#### 5.19 CORREDERA ELECTROMAGNETICA.

Estas correderas submarinas, son distintas a las anteriormente descritas; están basadas en la inducción que se produce al aplicar un voltaje a unas bobinas primarias que van en el tubo exterior, y que al deslizarse el buque hacia delante corta líneas de fuerzas, induciendo un pequeño voltaje en unas bobinas secundarias. Este voltaje llega a un amplificador donde es amplificada y electrónicamente transformada en indicaciones de velocidad y distancia a los repetidores.

## CORREDERA PITOMETER

Figura 5.17





Calibrada para velocidades de 0 a 40 nudos, consta de las siguientes partes:

- 1) Tubo exterior.
- 2) Válvula de fondo o de mar.
- 3) Indicador - transmisor.
- 4) Unidad de control remoto.

El tubo exterior que puede estar fijo al casco, generalmente se proyecta hacia el agua a través de la válvula de mar, constituyendo el elemento sensible donde se origina la señal.

La válvula de fondo forma el soporte para el tubo exterior, excepto cuando el tubo está fijo al casco y no se requiere válvula de mar, como es el caso de los submarinos.

El Indicador-transmisor contiene todas las partes eléctricas y electromecánicas que permiten la indicación y registro de la velocidad y distancia navegada.

La unidad de control remoto es usada para colocar la velocidad en el Indicador-transmisor cuando el equipo es operado como corredera muda.

## 5.20 ERROR DE CORREDERA.

Cualquiera que sea la marca y tipo de la corredera que tenga un buque, sus informaciones no son matemáticamente exactas; la diferencia entre la distancia real y la que acusa se llama "ERROR DE LA CORREDERA". Este error se expresa en porcentaje con el signo necesario para obtener la verdadera y podemos definirlo como que es el adelanto o atraso que experimenta la corredera en cien millas navegadas por ella.

$$\text{Error} = \frac{(D_v \sim D_c) \times 100}{D_c}$$

% + cuando  $D_v > D_c$   
 % - cuando  $D_v < D_c$

## 5.21 COEFICIENTE DE CORREDERA.

Como en la práctica será necesario pasar de la distancia verdadera a la que debe marcar la corredera o vice-versa, es preferible tener una relación que las una y que facilite dicha operación. Ello se denomina "Coeficiente", es decir un factor que resulta de la relación entre ambas

distancias. En otras palabras, Coef. es el factor que debe multiplicarse la distancia marcada por la corredera para obtener la verdadera.

$$\text{Coeficiente} = \frac{D_v}{D_c}$$

$$D_v = \text{Coef.} \times D_c$$

$$D_c = \frac{D_v}{\text{Coef.}}$$

## 5.22 DETERMINACION DEL ERROR Y COEFICIENTE DE CORREDERA.

Hemos visto que hay una serie de factores que influyen en la exactitud de las correderas y esto ha dado origen a que se lleve un minucioso control de sus errores, en unos formularios, llamados "historial de correderas".

Cada corredera debe tener su historial, en el que se irán anotando los detalles que hagan útil las informaciones que suministra, como son: rumbo, velocidad, estado del mar, viento, calado, estado del casco, etc.

El error se puede determinar:

- a) Dentro de distancias medidas y señalizadas en la costa.
- b) Entre un tramo navegado.

En el primer caso, casi todos los países marítimos tienen distancias exactamente medidas y señalizadas, destinadas a que las naves determinen su velocidad, resbalamiento y error de correderas. Nosotros tenemos una, en la Bahía de Concepción en la Isla Quiriquina, cuya distancia medida es una milla, y que constituye el método que se deberá emplear preferentemente en estos cálculos, ya que es el más exacto siempre que se cumpla rigurosamente con el modo de operar que se indica en el párrafo siguiente.

El segundo método también es frecuentemente usado. Si el buque navega a un sólo rumbo y a velocidad constante una distancia más o menos larga, puede determinarse el error y coeficiente de la corredera.

Para ello situará exactamente la nave, anotando la corredera en ese instante. Cuando haya navegado la distancia o tramo presupuestado, se situará nuevamente junto con anotar la corredera. De las situaciones deducirá la distancia

verdadera navegada directamente de la carta y de la diferencia de lecturas de la corredera, la distancia por corredera correspondiente.

No se debe olvidar que el error y coef. calculados por este sistema servirá para llevar la estima durante esa navegación, ya que en esos valores está comprendido el factor corriente, estado del mar, viento, etc.

Por esta razón, siempre que haya oportunidad de obtener el error de la corredera en la milla medida, deberá efectuarse esta observación.

### 5.23 MODO DE OPERAR EN LA MILLA MEDIDA PARA DETERMINAR ERROR Y COEFICIENTE DE LA CORREDERA.

El método a emplear dependerá de la aproximación que da el indicador de la corredera, según marque décimos o centésimos de milla.

#### A) CASO EN QUE LA CORREDERA MARCA DECIMAS DE MILLA.

Como la menor apreciación que se tiene es de 185,2 mts., el procedimiento que se sigue radica en precisar las lecturas exactas de la corredera en los instantes de estar el buque en las enfilaciones. Se operará del modo siguiente:

1) Con bastante anticipación el buque se pondrá a un rumbo perpendicular al de las enfilaciones que señalan la "milla medida" y con la velocidad a la que se desea hacer la corrida.

2) Antes de llegar a la primera enfilación se determinará el tiempo que demora el buque en recorrer un décimo de milla, para lo cual usando un cronógrafo se tomará el tiempo que transcurre entre dos lecturas precisas de la corredera. Por medio de una proporción se obtendrá el tiempo en recorrer la décima de milla.

3) Instantes antes de llegar a la primera enfilación y en el momento que la corredera marque exactamente un décimo se pone en marcha el cronógrafo que se detendrá cuando el buque cruce dicha enfilación. Con este tiempo se calculará la lectura exacta que le corresponde a la corredera en el momento de pasar por la enfilación.

4) Al estar el buque en la primera enfilación se anotará exactamente la hora.

5) El buque sigue su track y al llegar a la segunda enfilación anotará nuevamente la hora exacta y se echa a andar un cronógrafo que se

detendrá cuando la corredera marque exactamente un décimo de milla. Con este tiempo se calculará la lectura exacta que le corresponde a la corredera al cruzar la segunda enfilación.

6) Se continuará al mismo rumbo y cuando se estime conveniente se virará  $180^\circ$  para hacer la segunda corrida. Tener presente que debido a la gran caída efectuada el buque pierde velocidad, de modo que el punto de regreso debe estar lo suficientemente alejado para que el buque haga la segunda corrida a la misma velocidad de la primera.

7) Se procederá en la misma forma que lo indicado en 2), 3), 4) y 5).

8) Con los datos obtenidos se determinará para cada corrida los valores de velocidad, error y coeficiente, sacándose la media para eliminar el factor corriente.

#### EJEMPLO.

Un buque obtiene los siguientes datos en una corrida de la "milla medida" para calcular el % de Error y Coef. de la corredera:

a) Tiempo de 160 seg. en recorrer 0,5 por corredera.

b) Primera enfilación, con corredera exacta 7,4 tomó el tiempo de 8,0 seg. hasta su cruce.

c) Tiempo en recorrer la milla medida fue de 5 min. 20 seg.

d) Desde el cruce segunda enfilación se tomó el tiempo de 16 seg. hasta que la corredera marcó exactamente 8,6.

$$\frac{1}{10} \text{ se recorre en } \frac{160}{5} \text{ seg.}$$

$$= 32 \text{ seg.}$$

En primera enfilación:

$$\frac{0,1}{32} = \frac{x}{8}$$

$$x = 0,025$$

entonces la corredera marcó:

$$7,4 + 0,025 = 7,425$$



En segunda enfilación:

$$\frac{0,1}{32} = \frac{x}{16}$$

$$x = 0,05$$

entonces la corredera marcó:

$$8,6 - 0,05 = 8,55$$

luego, dist. por corredera

$$Dc = 8,55 - 7,425 = 1,125$$

$$\% \text{ Error} = \frac{(Dv - Dc) \times 100}{Dc}$$

$$= \frac{(1 - 1,125) \times 100}{1,125}$$

$$= - 11,1$$

$$\text{Coef.} = \frac{Dv}{Dc} = \frac{1}{1,125}$$

$$= 0,888$$

#### B) CASO EN QUE LA CORREDERA MARCA CENTESIMAS DE MILLA.

Como la menor apreciación que se tiene es de 18,5 mts. no será necesario seguir todo el procedimiento anterior, dando la suficiente exactitud el siguiente modo de operar:

- 1) El buque se pondrá a un rumbo perpendicular al de las enfilaciones que señala la "milla medida", con bastante anticipación y a la velocidad que desea cruzarlas.
- 2) Al llegar a la primera enfilación anotará exactamente la hora y corredera.
- 3) En el momento de cruzar la segunda enfilación anotará nuevamente la hora y corredera exactamente.

4) Continuará al mismo rumbo y cuando estime conveniente virará 180 grados para hacer la segunda corrida, teniendo cuidado que la nave haya alcanzado la misma velocidad que en la primera corrida, ya que debido a la gran caída efectuada el buque pierde velocidad de acuerdo con su tonelaje.

5) Enseguida se procederá como se indicó en 2) y 3) (Figura 5.23)

6) Con los datos obtenidos se determina para cada corrida los valores de velocidad, error y coef. sacándose la media para eliminar el factor corriente.

El cálculo se hará empleando las fórmulas ya explicadas.

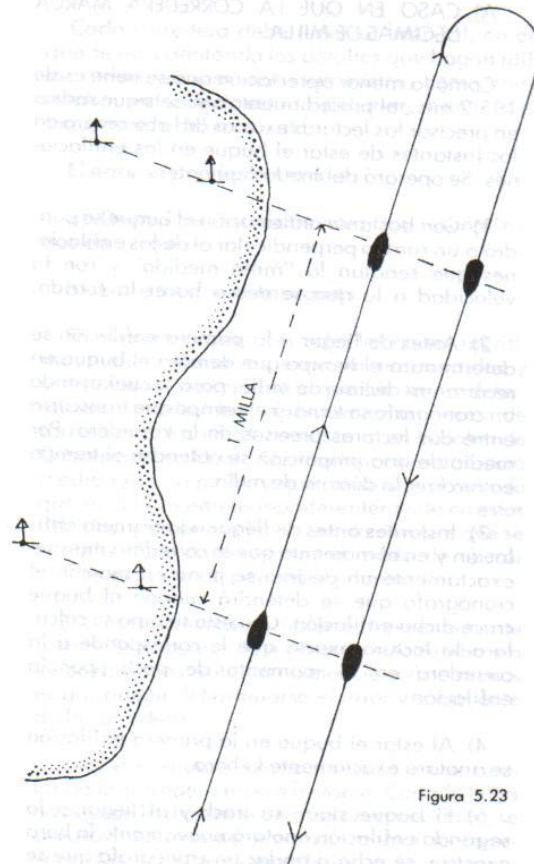


Figura 5.23

#### 5.24 DETERMINACION DEL ERROR DE LA CORREDERA EN UN TRAMO NAVEGADO.

Vimos en el párrafo 5.22 en que consistía este sistema. Ahora veremos como se opera, haciéndose presente que en el tramo que se navega no debe haber cambios de rumbos ni de velocidades.

|                            |         |       |
|----------------------------|---------|-------|
| 1ª Situación — 0700 horas. | Corr. = | 23,4  |
| 2ª Situación — 1700 horas  | Corr. = | 160,9 |
|                            | Dc =    | 137,5 |
|                            | Dv =    | 142,5 |
|                            | dif. =  | + 5,0 |

(Positivo porque la corredera marca menos).

En 137; 5 Dc.....dif. + 5  
100 Dc.....X

$$X = \frac{100 \times 5}{137,5} = + 3,63$$

$$\text{Error} = + 3,63\%$$

$$\text{Coeficiente} = \frac{Dv}{Dc} = \frac{142,5}{137,5} = 1,04$$

O bien por la fórmula:

$$\text{Error} = \frac{(Dv - Dc) \times 100}{Dc}$$

$$= \frac{(142,5 - 137,5) \times 100}{137,5} = + 3,63\%$$

#### 5.25 DISTANCIA NAVEGADA POR SITUACION COSTERA O ASTRONOMICA.

Es el método que proporciona una mayor exactitud en la determinación de la distancia recorrida por una nave.

La distancia navegada entre dos situaciones del buque obtenidas por puntos fijos de la costa, se mide directamente en la carta por la cual se lleva la derrota, y corresponde a la distancia verdadera.

#### EJEMPLO:

Un buque que navega de Quintero a Talcahuano obtuvo situación a las 0700 horas y su corredera marcaba 23,4 millas. A las 1700 horas obtuvo nueva situación, marcando la corredera 160,9 millas. La distancia navegada por la Carta (Dv) fue de 142,5 millas.

Se pide: Error y Coeficiente de la corredera.

Normalmente se trabaja a bordo con el coeficiente, por ser su uso mucho más rápido, expedito y elimina las posibilidades de equivocaciones debido a los signos.

$$\text{Coeficiente} = \frac{Dv}{Dc}$$

Entonces:

$$Dv = \text{Coeficiente} \times Dc$$

$$\text{y } Dc = \frac{Dv}{\text{Coeficiente}}$$

De igual manera se obtiene la distancia que la nave recorre entre dos situaciones observadas astronómicamente, distancia que además puede ser calculada empleando fórmulas o tablas según se indica en el Capítulo VIII sobre loxodrómica.

Anotando lo que marca la corredera en cada situación, se tendrá la distancia navegada por corredera en cada caso, pudiéndose así calcular el error de la corredera de acuerdo a lo indicado en párrafos 5.20, 5.22 y 5.24.



## CAPITULO VI

### EL SEXTANTE

#### Descripción y teoría - Errores y ajustes

#### Uso y cuidados - Correcciones a las alturas de astros.

#### 6.00 DESCRIPCION.

El sextante es un instrumento de reflexión diseñado para medir ángulos entre dos objetos, por coincidencia en el ojo del observador del rayo directo de uno de ellos y el rayo doble reflejado del otro.

De todos los instrumentos astronómicos, es el mejor adaptado para los usos del navegante, por su facilidad de transporte y sencilla manipulación, que proporciona sus datos en un tiempo mínimo.

Se le emplea especialmente para medir alturas angulares de astros en la mar, y consta de las siguientes partes: (Fig. 6.00-a).

1º) Del "sector o cuerpo", que consiste en una armazón metálica y liviana, pero sólida y compacta que tiene forma de un sector de círculo de poco más de  $60^\circ$  y sobre el cual se montan las otras partes del sextante.

2º) Del "Limbo", que es un arco de círculo dividido en grados y que originalmente era aproximadamente un "sexto" de la circunfe-

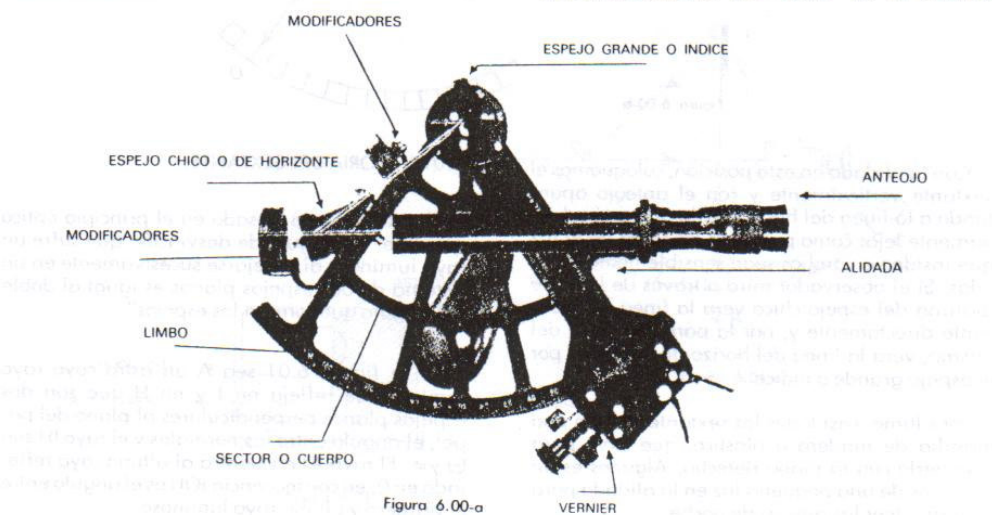


Figura 6.00-a

rencia, de donde tomó su nombre. Los sextantes modernos son mayores de un sexto y llevan este limbo graduado en grados, subdividido en divisiones más pequeñas cuyos valores difieren según el tipo: 10' - 15' o 60'. Un vernier permite la lectura de los minutos y segundos de arco.

El plano del limbo debe coincidir exactamente con el plano del instrumento.

3º) De la "Alidada" o brazo índice que gira alrededor del pivote que es el centro de curvatura del limbo y cuyo extremo libre se desliza circularmente sobre el limbo. El extremo inferior de la alidada lleva grabado un "índice" para indicar la lectura de los grados, y un tambor micrométrico acompañado de un nonio o vernier para indicar los minutos y fracción.

En los antiguos sextantes la alidada lleva un vernier que se desplaza sobre la graduación del limbo y cuyo "cero" sirve de origen de las lecturas.

4º) Del "espejo grande", giratorio o espejo índice, que va montado sobre la alidada en un

plano perpendicular al del instrumento y cuyo centro coincide exactamente con el pivote de la alidada.

5º) Del "espejo chico", fijo o espejo del horizonte que va montado en el cuerpo del sextante de tal manera que su plano sea perpendicular al limbo y paralelo al espejo grande, cuando la alidada indica lectura cero. La mitad del espejo que queda más cerca al cuerpo del sextante, está azogada como un espejo cualquiera y la otra mitad es un cristal transparente.

6º) Del "Anteojo" o telescopio que va atornillado en un anillo o collar al cuerpo del sextante y tiene por objeto dirigir la visual del observador hacia el espejo en una línea paralela al plano del instrumento, y también aumentar la visión del horizonte.

El funcionamiento de estas partes es el siguiente:

Hagamos girar la alidada en la figura 600-b hasta que el "espejo grande" o "índice" I, esté paralelo al espejo "chico" u "horizonte" H. En esta posición el índice de la alidada y el cero del vernier estarán coincidiendo con el cero del limbo.



Figura 6.00-b

Con la alidada en esta posición, coloquemos el sextante verticalmente y con el anteojo apuntando a la línea del horizonte, la que está relativamente lejos como para que los rayos de la luz que insiden en ambos sean sensiblemente paralelos. Si el observador mira a través de la parte diáfana del espejo chico verá la línea del horizonte directamente y, por la parte azogada del mismo, verá la línea del horizonte reflejada por el espejo grande o índice.

Por último, casi todos los sextantes tienen una manilla de madera o plástico, que sirve para sostenerlo con la mano derecha. Algunos están provistos de una pequeña luz en la alidada para ayudar a leer las alturas de noche.

## 6.01 TEORIA DEL SEXTANTE.

El sextante esta basado en el principio óptico que dice: "El ángulo de desviación que sufre un rayo luminoso al reflejarse sucesivamente en un sistema de dos espejos planos es igual al doble del ángulo que forman los espejos".

En la figura 6.01 sea A un astro cuyo rayo luminoso se refleja en I y en H que son dos espejos planos perpendiculares al plano del papel; el ángulo entre las normales y el rayo IH son  $\theta$  y  $\varphi$ . El rayo AI encuentra al último rayo reflejado en O, en consecuencia IOH es el ángulo entre el primero y último rayo luminoso.



Las normales de los espejos se cortan en B, o sea que, el ángulo IBH es el ángulo formado entre ellas, igual al ángulo formado por los espejos:

Sabemos que: "el ángulo de incidencia es igual al ángulo de reflexión" y que "el ángulo exterior de un triángulo es igual a la suma de los interiores no adyacentes"; por lo tanto en los triángulos IOH e IBH se tiene:

$$2\theta = 2\varphi + \text{IOH} \quad (a)$$

$$\text{y también } \theta = \varphi + \text{IBH}$$

$$\text{multiplicando: } 2\theta = 2\varphi + 2\text{IBH} \quad (b)$$

en (a) y (b) tenemos dos cantidades que son iguales a una tercera, luego son iguales entre sí.

$$\text{entonces } 2\varphi + \text{IOH} = 2\varphi + 2\text{IBH}$$

$$\text{de donde } \text{IOH} = 2\varphi - 2\varphi + 2\text{IBH}$$

$$\text{entonces } \text{IOH} = 2\text{IBH}$$

o sea que, el ángulo entre el primero y el último rayo es igual al doble del ángulo formado por los espejos.

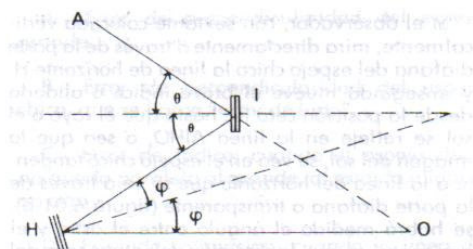


Figura 6.01

Supongamos ahora, que se desea medir el ángulo entre la línea del horizonte y un astro, en la figura 6.01-a, el ángulo AOH.

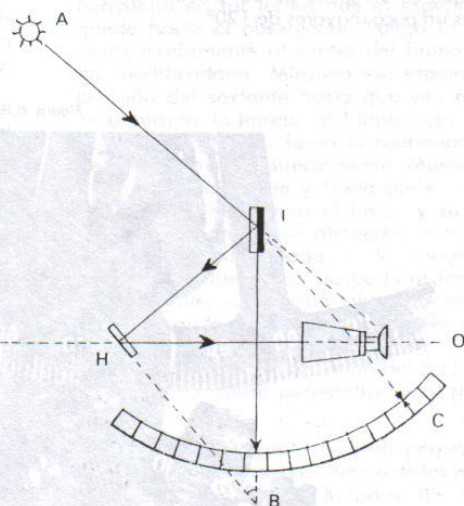


Figura 6.01-a

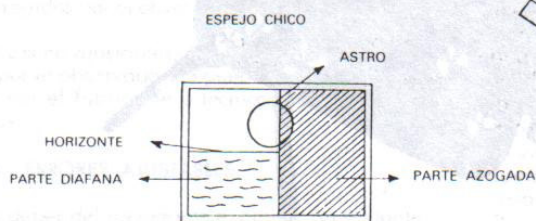


Figura 6.01-b

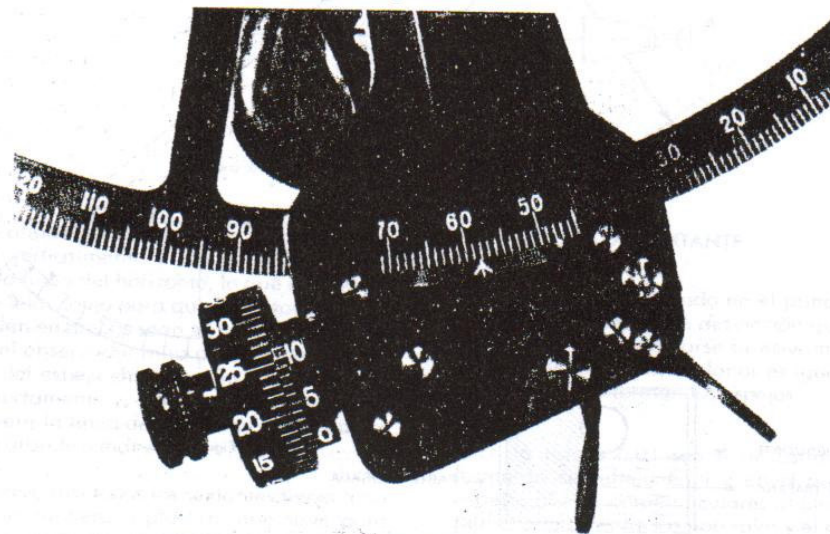
Si el observador, con sextante colocado verticalmente, mira directamente a través de la parte diáfana del espejo chico la línea de horizonte H, y enseguida mueve el brazo índice o alidada desde la posición cero IC, hasta que el rayo o el sol se refleje en la línea AIHO, o sea que la imagen del sol, se vea en el espejo chico tangente a la línea del horizonte que se ve a través de la parte diáfana o transparente (figura 6.01-b), se habrá medido el ángulo entre el astro y el horizonte, ya que, la dirección del último rayo del sol es HO, y el ángulo entre el primero y el último rayo es AOH, el que de acuerdo con la ley de óptica es igual al doble del ángulo IBH, formada por los espejos. En otras palabras, el ángulo IBH es la mitad del ángulo AOH; pero HB e IC son paralelos, luego el ángulo IBH = ángulo BIC; ángulo que no es otro que, lo que hubo de mover la alidada en el limbo para obtener la tangencia del sol con el horizonte. Este desplazamiento en grados corresponde como hemos visto, a la mitad del valor angular real, luego graduando el limbo de tal manera que donde corresponde  $0^{\circ},5$ , se marque  $1^{\circ}$ ; donde corresponde  $1^{\circ}$  se gradúe los  $2^{\circ}$  y así sucesivamente, nos permitirá leer directamente, en el limbo, el valor del ángulo AOH. Así se explica también que el cuerpo del sextante, que es un sector de  $60^{\circ}$  puedan medirse ángulos un poco mayores de  $120^{\circ}$ .

#### 6.02 LECTURA DEL SEXTANTE. (Fig. 6.02).

El borde del limbo está cortado en forma de hilos de rosca. El extremo de la alidada está provisto de un tambor micrométrico cuyos dientes encajan en los hilos de rosca del borde del limbo. Este piñón recibe el nombre de "tornillo de tangencia". Una revolución completa del tambor micrométrico hace que la alidada se mueva un grado a lo largo del limbo. El tornillo de tangencia se mantiene apretado contra la rosca del limbo por medio de un muelle. Haciendo presión sobre la "mordaza" que lleva la alidada, el tornillo de tangencia se sale de los hilos de rosca del borde del limbo y puede, entonces, ser movido de un punto a otro de la escala con mayor rapidez. Cuando se sueltan las mordazas, el tornillo de tangencia vuelve a encajar en el borde del limbo. Al hacer una observación, se mueve la alidada hasta lograr que el astro observado se halla en el campo del anteojo, completándose la observación haciendo girar el tornillo de tangencia hasta que la imagen del astro observado esté tangente con el horizonte visto directamente.

El tambor tiene 60 divisiones y como una vuelta completa del mismo representa  $1^{\circ}$ , cada

Figura 6.02



LECTURA:  $58^{\circ} 16',4$



división del tambor representará  $1''$ . Fijo al extremo inferior de la alidada hay un nonio o vernier que tiene 10 graduaciones que cubren 9 divisiones del tambor. De aquí que cada una de estas divisiones representen  $0',1$ . Para hacer la lectura, observe primero la posición del índice sobre el limbo, obteniendo los "grados". Para obtener los minutos y fracción los leerá en el tambor con vernier. El índice del tambor es el cero del vernier, luego para saber los minutos, bastará leer los minutos completos que marca el índice. Para obtener las fracciones de minutos, se leerá el vernier, observando la división de él que esté más en línea con una división del tambor; la diferencia con el origen o índice cero, dará los décimos de minutos.

Este proceso en tres etapas de la lectura en un sextante, se mantiene de la misma manera en las lecturas negativas (como ocurre al determinar el error de índice) sumándose algebraicamente ambas partes. Por ejemplo, si las tres partes de una lectura de micrómetro de tambor son  $-1''$ ;  $56'$  y  $0',3$ , la lectura total será :

$$-1'' + 56' + 0',3 = -3',7$$

Hay sextantes que en lugar de estar graduados en grados, minutos y fracción, lo están en grados, minutos y segundos, siendo el sistema para obtener la lectura igual a la ya descrita.

En los tipos de sextantes más antiguos, que llevan un arco graduado sobre el limbo, el vernier va colocado a lo largo de la escala principal, cuando no lleva tambor.

En este tipo de sextante es algo difícil obtener una lectura más rápida y más precisa que en el anterior; pero siempre sigue el mismo principio.

### 6.03 ERRORES DEL SEXTANTE.

El sextante tiene dos clases de errores:

- a) Los ajustables, que pueden ser notados y corregidos por el observador directamente.
- b) Los no ajustables, que a pesar de ser notados por el observador no pueden ser eliminados sino por el fabricante o técnicos mecánicos expertos.

### 6.04 ERRORES AJUSTABLES.

Es deber del navegante examinar su sextante para verificar si tiene algún error y corregirlo en caso que lo hallare. Los errores ajustables son los siguientes:

A.- Error de perpendicularidad del espejo grande.

B.- Error de perpendicularidad del espejo chico, que se llama "error de lado".

C.- Error de Índice; cuando el espejo chico no queda paralelo al grande, al estar la alidada en cero.

D.- Error de colimación; cuando la línea de mira del anteojo no está paralela al plano del limbo.

Las causas de cada uno de los errores, método para determinarlos y la forma de corregirlos se explican a continuación, haciéndose presente que el primero que debe eliminarse, en todo caso, es el de perpendicularidad del espejo grande.

#### A) ERROR DE PERPENDICULARIDAD DEL ESPEJO GRANDE.

Consiste en determinar si el "espejo índice" o "grande" es perpendicular al plano del limbo. Para verificarlo se toma el sextante, sin anteojo colocado, con la mano izquierda y se pone horizontal en tal forma que el espejo grande quede hacia el observador. Ponga la alidada aproximadamente al centro del limbo y quite los modificadores. Mirando ese espejo gire la posición del sextante hasta que vea reflejada en el mismo, la imagen del limbo. Esta imagen debe verse como si fuera la continuación real del limbo mirado directamente. Mueva la alidada hacia adelante y hacia atrás a lo largo del limbo y observe si el limbo y su imagen reflejada permanecen alineados a través del recorrido de la alidada. Si la imagen reflejada está inclinada con respecto al limbo visto directamente, o no está alineada con él, el espejo grande no está perpendicular al plano del limbo. Pero, si la imagen reflejada aparece como la correcta continuación del limbo, el espejo grande estará perpendicular al plano del limbo.

Si el espejo grande no está perpendicular, éste se puede ajustar por medio de los pequeños tornillos colocados por la parte de atrás del espejo que lo mantienen en su posición, de manera que si la imagen reflejada está sobre la vista directa, el espejo está inclinado hacia adelante, y si la imagen reflejada está bajo la vista directa el espejo está inclinado hacia atrás.

Para una inclinación de  $5'$  del espejo grande, el error que produce es de más o menos de  $\frac{1}{2}$  segundo de arco.



## B) ERROR DE LADO O PERPENDICULARIDAD DEL ESPEJO CHICO.

Consiste en determinar si el espejo chico o de horizonte es perpendicular al plano del limbo. Para determinar este error se pone la alidada en "cero" y se monta en el sextante el anteojo provisto de modificadores. Se mira el sol, igualando la luminosidad de las dos imágenes (directa y reflejada), moviendo convenientemente el tornillo de desplazamiento del anteojo.

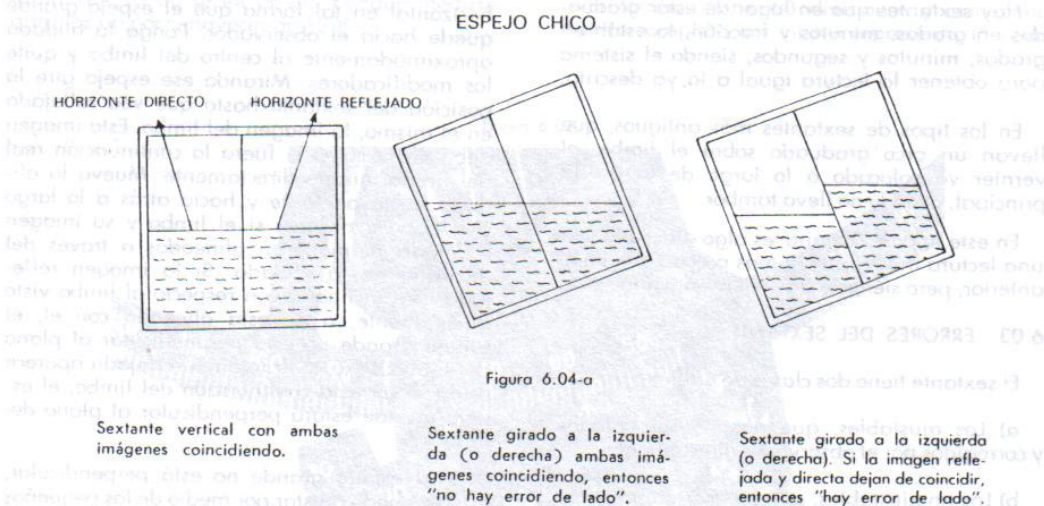
Por medio del tornillo de tangencia se llevan ambas imágenes "casi" a la misma altura. Si el espejo chico está perpendicular al plano del limbo, aparecerán ambas en el mismo vertical, y desviada en caso contrario. Se eliminará el error moviendo el tornillo correspondiente que hay en el soporte del mismo en su base. Cuando uno se suelta el otro debe apretarse hasta que ambas imágenes coincidan.

En vez del sol puede dirigirse la visual a una estrella, y mover el tornillo de tangencia hacia atrás y adelante para que la imagen

reflejada pase alternativamente hacia arriba y hacia abajo de la vista directa. Si la imagen reflejada pasa directamente encima de la estrella vista directa, no hay error de lado; pero si pasa por un lado, el espejo chico no está perpendicular al instrumento, por lo que debe corregirse en la misma forma descrita para el sol.

Otro método, que se usa mucho por lo cansado que es para el observador y, que es el método obligado si no se ve el sol o las estrellas, es empleando el horizonte de la mar. Para esto, coloque la alidada en cero, y monte al anteojo. Tome el sextante verticalmente y mire el horizonte. Con el tornillo de tangencia mueva la alidada hasta dejar la línea del horizonte reflejada coincidiendo con la línea de horizonte directa. En seguida gire el sextante hacia la izquierda y derecha alrededor del eje del anteojo, y si la imagen directa y reflejada conservan la alineación no hay error de lado. En caso contrario se elimina con los tornillos como se explicó. Ver figura 6.04-a.

Esta prueba debe hacerse después de haber ajustado el espejo grande.



## C) ERROR DE INDICE.

Este error se debe a la falta de paralelismo entre el espejo grande y el chico cuando la alidada está exactamente en cero, y debe ser calculado cada vez que el sextante se usa, no siendo necesario eliminarlo si su valor se conoce exactamente.

Existen tres métodos para determinarlo que los nombraremos en orden de exactitud:

- I. Por el sol.
- II. Por estrellas.
- III. Por horizonte de la mar.



## 1) METODO POR EL SOL.

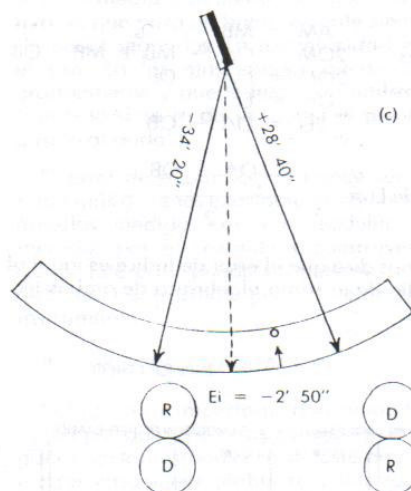
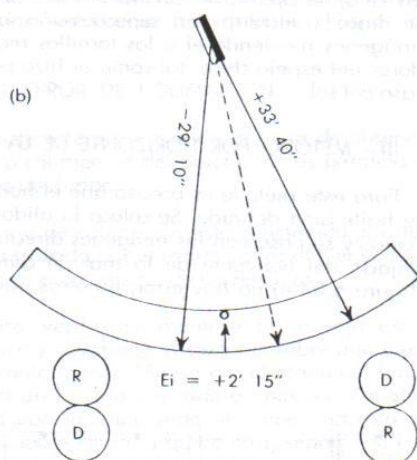
Hay que emplear el anteojo astronómico e igualar la luminosidad de ambas imágenes (sol directo y reflejado). En seguida con el sextante colocado verticalmente apúntese al sol, y con ayuda del tornillo de tangencia, hágase tangente al limbo superior del directo con el inferior del reflejado, tal como se indica en la figura 6.04(b) y (c), leyendo exactamente el limbo y el vernier, dándole el signo correspondiente, positivo cuando la lectura es a la derecha del cero y negativa cuando la lectura es a la izquierda del cero. En seguida se hará la tangencia con el reflejado abajo, resultando que el Error de Índice (Ei), será la semisuma algebraica de ambas lecturas. Conviene tener presente que en las lecturas a la derecha del "cero" del limbo; el "cero" del vernier, está en la graduación "DIEZ", o sea en su extremo izquierdo y desde estos se consideran las lecturas.

Para comprobar la bondad del error determinado, basta efectuar la diferencia algebraica de ambas lecturas, cantidad que dividida por cuatro debe dar el "semidiámetro" del sol del día, que viene tabulado en el Almanaque Náutico.

La demostración matemática del método explicado lo podemos resumir en la forma siguiente.

Supongamos que al hacer las tangencias para determinar el Error de Índice (Ei) en el caso de la figura 6.04-b, se obtuvo la primera tangencia en la graduación "A" del limbo de la figura 6.04-d; y la segunda tangencia en la graduación "B" del limbo, siendo "O" la graduación cero del limbo. Lógicamente cuando ambas imágenes (reflejadas y directas) en lugar de tangenteárselas las hacemos coincidir, la alidada quedará en la mitad del arco AB; o sea en una graduación M equidistante de A y B, donde  $AM = MB$  y el Ei será OM, magnitud que dependerá de las lecturas de OA y OB.

EJEMPLOS Fig. 6.04 (b) y (c).



Lectura a la derecha

del cero =  $+ 33^{\circ} 40''$  =  $+ 28^{\circ} 40''$ izquierda =  $- 29^{\circ} 10''$  =  $- 34^{\circ} 20''$  $2Ei = + 04^{\circ} 30''$  =  $- 5^{\circ} 40''$  $Ei = + 2^{\circ} 15''$  =  $- 2^{\circ} 50''$

En la figura 6.04-d tenemos:

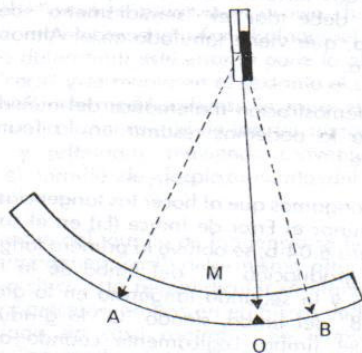


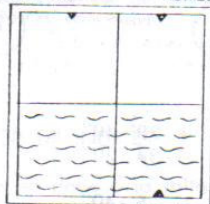
Figura 6.04-d

$$\begin{aligned}
 OM &= OA - AM \\
 OM &= MB - OB \\
 2OM &= (OA - AM) + (MB - OB) \\
 \text{pero} \quad AM &= MB \\
 \text{entonces} \quad 2OM &= OA - MB + MB - OB \\
 2OM &= OA - OB \\
 \text{pero} \quad OM &= Ei \\
 \text{luego} \quad 2Ei &= OA - OB \\
 \text{de donde } Ei &= \frac{OA - OB}{2}
 \end{aligned}$$

Que nos dice que el error de Índice es igual al promedio de la suma algebraica de ambas lecturas.

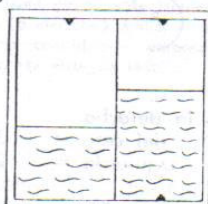
ESPEJO CHICO

HORIZONTE DIRECTO      HORIZONTE REFLEJADO



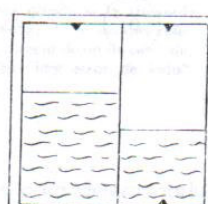
Sin Ei

Figura 6.04-e



Con Ei

Figura 6.04-f



Con Ei

Figura 6.04-g

El error de índice o instrumental puede ser eliminado merced a un dispositivo de tornillos que permite mover el espejo chico o de horizonte en torno a un eje perpendicular al sextante hasta colocarlo paralelo al espejo grande o de índice.

Para eliminarlo, se monta el anteojo astronómico, se coloca la alidada exactamente en "cero", se apunta el sextante al sol y se hacen coincidir, por superposición ambas imágenes moviendo el o los tornillos rectificadores del espejo chico o de horizonte.

## II.- METODO POR ESTRELLAS.

Para este método, bastará superponer la imagen reflejada con la directa del astro. La lectura que resulta en el limbo será el  $Ei$  y, es positiva si la lectura queda a la derecha de cero, puesto que la medición se inicia fuera de la graduación origen que es el "cero"; y es negativo en caso que la lectura quede a la izquierda del cero, debido a que esté dando una lectura mayor que la realmente medida.

Para eliminar este error, se monta el anteojo astronómico, se coloca la alidada exactamente en cero, se apunta el sextante a la estrella y se hace coincidir, por superposición ambas imágenes moviendo el o los tornillos rectificadores del espejo chico, tal como se hizo para el caso del sol.

## III.- METODO POR HORIZONTE DE LA MAR.

Para este método es preciso que el horizonte se halle bien definido. Se coloca la alidada en "cero" y se observan las imágenes directa y reflejada del horizonte de la mar, si coinciden (figura 6.04-e) no hay error, en otras palabras



los espejos están paralelos; en caso contrario se mueve el tornillo de tangencia hasta hacerlos coincidir. Leyendo lo que marca el vernier será el  $E_i$ , que puede ser, como hemos dicho, "positivo" o "negativo", según si la lectura resulta a la derecha o izquierda del cero respectivamente. Este " $E_i$ " con su signo se aplica a las lecturas o ángulos instrumentales para obtener las alturas o ángulos observados.

Si se desea eliminar el error se procederá como ya se explicó en los otros métodos; es decir con el tornillo de tangencia se deja la alidada en la graduación cero exacta y las imágenes, directa y reflejada, se verán como lo muestran las figuras 6.04-f o 6.04-g. Con el o los tornillos rectificadores del espejo chico, se llevará la línea de horizonte que vemos en forma quebrada a que formen una sola línea como la muestra la figura 6.04-e.

A fin de evitar el rodamiento de los tornillos de ajuste se aconseja no eliminar el " $E_i$ ", cuando su valor es menor de 3'.

En todo caso antes de determinar y eliminar el  $E_i$ , debe corregirse el error de lado y siempre que se elimine el error de índice debe a continuación verificarse nuevamente el error de lado.

#### D) ERROR DE COLIMACION.

Existe este error cuando la línea de observación o colimación del anteojo no es paralela al plano del limbo.

El eje de colimación está constituido por una línea trazada por el centro óptico del lente objetivo y el punto medio de los retículos.

Para verificarlo móntese el anteojo astronómico y colóquese el sextante sobre una mesa horizontalmente. Mírese por el plano del limbo hacia un tablero colocado a unos 6 o 7 metros de distancia, marcando una línea en esta visual. Sobre ésta márquese otra, separando una magnitud igual a la que está en el eje del anteojo sobre el plano del limbo. Enseguida mírese por el anteojo; si el centro de los retículos coincide con esta última línea, el eje óptico o de colimación es paralelo al plano del instrumento; en caso contrario se ajustará con los tornillos del collar que soporta al anteojo, soltando uno y apretando el otro.

Otro método es colocar el anteojo en su collar y observar dos estrellas que están separadas  $90^\circ$  o más, llevando la imagen reflejada de una a

coincidir con la vista directa de la otra, cerca, ya sea del borde derecho o izquierdo del campo visual del ocular (borde superior o inferior, si el sextante está horizontal). Luego inclinar el sextante para que las estrellas queden en el borde opuesto. Si las estrellas se mantienen en coincidencia, el telescopio es paralelo al limbo; pero si se separan, no lo es y se corrige en la misma forma anterior.

### 6.05 ERRORES NO AJUSTABLES.

Los principales son:

- A) Excentricidad.
- B) Graduación.
- C) Prismático.

#### A) ERROR DE EXCENTRICIDAD.

Este error se debe a que el eje de giro de la alidada no coincide con el centro de curvatura del arco del limbo. Casi todos los sextantes son afectados de este error. La casa constructora suministra generalmente una Tabla de correcciones, por excentricidad, la que varía con el ángulo medido, pudiendo ser positiva o negativa, lo que para un buen sextante siempre será de pocos segundos. La excentricidad varía con el uso. En los muy usados puede aumentar grandemente y puede llegar a inutilizar el instrumento si se le da un golpe al pivote donde gira la alidada.

El error de excentricidad puede ser determinado más o menos exactamente comparando los ángulos medidos con un "teodolito" con los medidos por el sextante y construyendo una curva. Este error puede ser determinado, corregido en los cálculos, pero no eliminados del instrumento.

#### B) ERROR DE GRADUACION.

Debido a la imperfecta horizontabilidad del limbo por golpes u otras causas resulta que algunos sextantes adolecen de este error, que en ningún caso puede atribuirse a defectos de construcción; error que se visualiza en la falta de coincidencia del 0' y 10' del vernier con una graduación entera del limbo.

#### C) ERROR PRISMÁTICO.

Se produce en los espejos debido a imperfecto paralelismo entre sus caras, condición esencial para que puedan cumplir las leyes de óptica como espejos planos. La falta de paralelismo de los espejos producen errores variables.



Tanto el espejo grande como el chico, se prueban antes de ser colocados en los sextantes, rechazando aquellos que tengan entre sus caras una diferencia de paralelismo superior a dos segundos; o sea son prácticamente perfectos. Por otra parte el error que introduce el espejo chico por esta causa, es constante; no así el espejo grande que es variable con el ángulo medido; el que puede ser determinado observando ángulos entre  $120^\circ$  y  $130^\circ$  y enseguida invirtiendo el espejo en su calzo y midiéndolos de nuevo.

Este error también se produce en los modificadores, y puede determinarse por comparación de un ángulo medido con y sin modificador. Si los modificadores se usan combinados, sus errores combinados deben determinarse separadamente.

Estos desajustes por lo general no influyen en la exactitud que se requiere para los ángulos que se miden a bordo y sus efectos se eliminan con la corrección de índice.

Todo sextante antes de ser lanzado al mercado es cuidadosamente examinado y, en la caja del instrumento, viene un certificado que lo atestigua, proporcionando los valores de estos errores y el conjunto de ellos denominado Error Instrumental.

#### 6.06 USO DEL SEXTANTE.

El sextante se usa para:

- A) Observación de la altura del sol o luna.
- B) Observación de la altura de una estrella o planeta.
- C) Observación de la altura meridiana de un astro.
- D) Medición de ángulos entre objetos o puntos terrestres.
- E) Determinados trabajos en hidrografía.

#### A) OBSERVACION DE LA ALTURA DEL SOL O LUNA.

El cansancio de la vista será menor si se mantienen abiertos los dos ojos durante la observación. Antes de hacer una observación compruebe el Ei y el foco del telescopio, observando el horizonte. Atornille el antejo en el collar, y si es necesario, mueva el collar, hacia fuera o hacia dentro del sector hasta obtener una visión clara.

Seleccione los modificadores y colóquelos en su posición, delante del espejo chico y del grande. Estos no son necesarios para observar la luna.

Al observar el sol, déle el frente y sujete el sextante verticalmente, dirigiendo la línea de mira o visual del telescopio hacia el punto del horizonte que queda al pie del vertical del astro. Comience con la alidada casi en cero y muévela lentamente hacia adelante hasta que la imagen del sol aparezca en el espejo chico, momento en que apretará el tornillo que fija la alidada al limbo. Ajuste los modificadores si es necesario. Gire el tornillo de tangencia hasta que el limbo inferior del sol quede tangente al horizonte que se ve a través de la mitad transparente del espejo chico.

Con el sextante sujeto verticalmente y siempre tangenteando, gírelo suavemente de manera que describa un arco pequeño, tomando como eje la línea de mira. La imagen del sol parecerá moverse sobre un pequeño arco con su convexidad hacia el horizonte. El punto en que la imagen del sol aparece más baja, señala cuando el sextante está vertical. Este proceso recibe el nombre de "tangenteo" y se deberá hacer siempre que se tome una altura.

Si el sextante no está vertical cuando se está tomando una altura, el resultado será incorrecto debido a que el ángulo medido no será el que hay entre el astro y aquel punto del horizonte que se encuentre, directamente debajo de él, sino un ángulo entre el astro y un punto cualquiera a la derecha o a la izquierda de su vertical. A medida que el sextante se gira suavemente, vaya ajustando lo necesario el tornillo de tangencia para asegurar que el punto más bajo del limbo inferior de la imagen del sol, sea tangente al horizonte en la parte más inferior del arco girado. Dé la voz de "listo" al ayudante que está tomando el tiempo, y en el momento en que se obtiene la tangencia, déle el "top".

El ayudante anota la hora, minutos y segundos mientras el observador lee el sextante y le da la lectura del mismo, la que se anota al lado de la hora de la observación.

Por lo general, es un buen sistema, cuando no se tiene mucha experiencia en la observación de alturas, tomar una serie de observaciones precisas, tan rápido como se pueda. Si se hace a intervalos de tiempo iguales, estas alturas se pueden promediar, haciendo lo mismo con las horas. En este proceso cualquier altura que tenga error debe ser desechada. Se puede obtener una verificación de la precisión, mirando la hora de cada observación, estudiándose luego los resultados. La diferencia en altura debe ser aproximadamente proporcional a la diferencia en tiempo, a menos que el astro esté cerca del meridiano.



El navegante con experiencia, por lo general, prefiere hacer varias observaciones independientes hasta que él siente que una de ellas la ha obtenido con precisión. Entonces usa ésta con su hora de observación y desecha las demás.

Ocasionalmente, cuando el sol apareciere momentánea y parcialmente entre un claro de nubes, con su limbo inferior oculto; entonces se observa el limbo superior, anotando este particular para tenerlo presente en las correcciones a la altura.

Si el horizonte debajo del sol estuviera obstruido por mala visibilidad, como cuando hay niebla o se interpongan otros buques, es posible medir la altura suplementaria, o sea, la distancia angular sobre el horizonte opuesto siempre que la longitud del limbo del sextante sea lo suficientemente grande. Al tangenteo para hacer la observación, el arco tendrá su convexidad en dirección opuesta al de las alturas ordinarias.

Para observar la Luna se hace lo mismo que cuando se observa el Sol, excepto que no se necesitan los modificadores. Frecuentemente es necesario observar el limbo superior de la Luna, pues el inferior puede no ser visible debido a la fase de la Luna y a su posición en el cielo.

La luna se ve mejor durante las horas del día o parte del crepúsculo o aurora, en que la luna es menos luminosa. En la noche casi siempre aparece debajo de la luna un falso horizonte debido a su reflejo sobre el agua.

#### B) OBSERVACION DE LA ALTURA DE UNA ESTRELLA O PLANETA.

El método que se utiliza para observar la altura de una estrella, es en general, el mismo que el descrito para las observaciones del Sol, no necesitándose los modificadores.

La diferencia principal estriba en el método de llevar la imagen de la estrella hasta el horizonte. Bajo condiciones ordinarias, es difícil dirigir la línea de mira hacia el horizonte a través del espejo chico, y traer luego la imagen reflejada de la estrella seleccionada al campo visual de dicho espejo, debido a que a menudo la estrella es muy opaca y por lo tanto su imagen reflejada es muy difícil de ver. También durante el comienzo del crepúsculo matutino y al final del vespertino pueden aparecer más de una estrella en el espejo, y el observador no siempre puede distinguir aquella que desea observar.

La observación de la altura de una estrella o planeta difiere de la del sol o luna, en que el "centro" de la estrella o planeta se lleva a coincidir con el horizonte, en vez del limbo. Debido a esta diferencia y al escaso tiempo disponible para observar durante el crepúsculo, es poco usado el método de dejar que el movimiento aparente de la estrella o planeta produzca por sí solo el contacto con el horizonte.

Pero tal como la luna y el sol, el navegante no debe olvidar de hacer oscilar el arco para establecer la perpendicularidad del sextante con la línea del horizonte.

Comúnmente se usan tres métodos para "bajar" la estrella.

1º) Coloque el sextante aproximadamente en cero y dirija la visual a la estrella cuya altura se va a medir, la estrella y su imagen estarán casi en coincidencia. Cuando la alidada se mueva ligeramente hacia adelante, la imagen parecerá moverse hacia abajo. Mantenga el sextante aproximadamente en el plano del círculo vertical de la estrella. Mueva la alidada suavemente hacia adelante y al mismo tiempo el espejo chico hacia abajo, manteniendo a la vista la imagen de la estrella. Cuando se haya movido la alidada hasta que el sextante indique la lectura aproximada de la altura de la estrella, el horizonte aparecerá por la parte transparente del espejo chico. Cuando esto suceda, trinque la alidada y tangenteo como se describió para el Sol, excepto que la imagen de la estrella es colocada en tal forma que el horizonte parece bisectarla. A través de todo el proceso de "bajar la estrella", mantenga ambos ojos abiertos. Por lo general, es más fácil bajar una estrella sin el antejo colocado, pero muchos navegantes prefieren colocarlo para el ajuste o "tangenteado" final.

2º) El método preferido por muchos marinos, especialmente durante el comienzo del crepúsculo vespertino y final del matutino, cuando el horizonte es brillante y la estrella opaca, es llevar el horizonte hacia arriba, hasta la estrella. Para hacerlo, coloque el sextante aproximadamente en cero o inviértalo. Dirija la visual hacia la estrella, la cual se ve a través de la parte transparente del espejo chico. Mueva la alidada hasta que la imagen reflejada del horizonte aparezca en la parte azogada del espejo chico. Trinque la alidada, invierta nuevamente el sextante, así, en su posición normal, "tangenteo" como se ha descrito anteriormente en el primer caso. Se podrá experi-



mentar alguna dificultad en volver a ver la estrella después que el sextante ha sido vuelto a su posición normal, pero si el mismo está dirigido en el azimut apropiado, la estrella aparecerá en el espejo chico.

3º) Algunos navegantes prefieren determinar la altura aproximada por adelantado, utilizando algún tipo de identificador de estrellas. Con esa altura aproximada en el sextante, dirija una visual al horizonte que queda debajo de la estrella, y observe la estrella, tangenteando como se ha descrito anteriormente en el primer caso.

La observación de un planeta se hace de la misma manera que la de una estrella.

La brillantez de la reflexión del espejo chico o de horizonte, se puede variar moviendo el telescopio hacia el plano del instrumento o hacia afuera del mismo, por medio del sistema para este objeto. Cuando el telescopio se mueve hacia afuera del plano del limbo, entra una mayor cantidad de luz en la parte transparente y una menor en la azogada. De acuerdo con esto, el horizonte aparece relativamente más brillante y la reflexión del astro más opaca. Este equilibrio de luz es deseable durante la parte más oscura del crepúsculo, cuando el horizonte es más difícil de definir y la estrella más brillante. Similarmente, cuando el antejo se mueve hacia el plano del limbo, una mayor proporción de luz es reflejada por la parte azogada del espejo chico. Esta condición es deseable durante la parte más clara del crepúsculo cuando el horizonte está claro y preciso y las estrellas están difusas. El uso de este ajuste es de acuerdo con el criterio del observador. Muchos navegantes prefieren dejar el antejo en su posición media, mientras que otros no usan el antejo para trabajos con estrellas.

#### C) OBSERVACION DE LA ALTURA MERIDIANA DE UN ASTRO.

Aún cuando no es absolutamente exacto, se admite en la mar, que la altura meridiana de un astro es la mayor de todas las que puede alcanzar en un día dado.

(Esta circunstancia se explica en el Capítulo XII Navegación Astronómica).

Se principiará por tomar la altura del sol unos diez minutos antes del mediodía verdadero, y como va aumentando en altura, a los pocos momentos de haber puesto en contacto

uno de sus limbos con el horizonte, las dos imágenes aparecerán separadas. Se hace nuevamente el contacto con el tornillo de tangencia, repitiéndose la operación con tanta más frecuencia cuando más lento vaya siendo su movimiento ascendente. Al llegar el sol a su culminación, permanecerá detenido un corto intervalo, y la altura que entonces señale el instrumento será la altura meridiana. Para cerciorarse de ello, transcurrido un instante, se mirará de nuevo el horizonte, y si se encontraran las imágenes superpuestas, habrá comenzado el movimiento de descenso.

En las regiones en que el sol culmina en las cercanías del zenit, esta observación presenta bastante dificultad, ya que no se puede conocer a simple vista cual es su verdadero vertical y el arco que describe la imagen del astro es sensiblemente tangente al arco de horizonte que abarca muchos grados. En este caso, la dirección del meridiano se precisará por medio del compás, sabiendo que la altura obtenida será errónea en algunos minutos.

Las alturas meridianas del paso superior de la luna, estrellas y planetas, se observan de un modo análogo, con la diferencia de que la preparación de ella se deberá hacer con mayor anticipación.

Este tipo de observación es muy cómoda en la mar, pero tiene menor exactitud que las circunmeridianas.

#### D) MEDICION DE ANGULOS ENTRE OBJETOS O PUNTOS TERRESTRES.

Muchas veces se desea conocer el ángulo horizontal, vertical o inclinado entre dos objetos cualquiera; ya sea, para determinar situaciones por el transportador de sonda, navegación por ángulos peligrosos, determinación de alturas de cerro, medición de ángulo con mira de longitud conocida, etc., etc.

Si ambos objetos están en el mismo plano horizontal, sujete el sextante horizontalmente y dirija la visual hacia el objeto que le queda a la izquierda. Con la vista puesta sobre este objeto a través de la parte transparente del espejo chico o de horizonte, mueva la alidada hasta que la imagen del otro objeto aparezca en la parte azogada de dicho espejo y haga un contacto aproximado entre ambos objetos, trincando enseguida la alidada opere con el tornillo de tangencia, para obtener la lectura correspondiente.



Si los objetos no están en el plano horizontal, apunte el anteojo al objeto que está más bajo, sea o no el de la izquierda; y proceda como se indicó anteriormente.

Cuando se miden ángulos adyacentes simultáneos, llevará la voz el del que varíe más rápidamente.

#### E) DETERMINADOS TRABAJOS EN HIDROGRAFIA.

Sus principales aplicaciones son:

a) Observaciones de astros para determinar coordenadas geográficas. Se emplea con horizonte artificial y pie de sextante, dado el carácter geodésico de sus resultados.

b) Medición de ángulos horizontales y verticales, en las operaciones de sondeaje, nivelación, detalle topográfico, etc.

c) Para medir distancias cortas mediante el ángulo subentendido por una mira de longitud conocida.

El conocimiento detallado de su empleo en Hidrografía debe ser consultado en el "Manual de Hidrografía". Publicaciones N°s 3021 y 3022 del SHOA.

#### 6.07 CUIDADOS CON EL SEXTANTE.

1) El sextante es un instrumento delicado y por lo tanto debe ser manipulado cuidadosamente, un golpe por pequeño que sea puede desajustarlo.

2) Cuando lo saque de la caja tómelo de la manilla o del cuerpo del sextante; pero nunca del limbo, alidada, espejos o modificadores.

3) Cuando atornille el anteojo en el soporte, tenga cuidado de no rodar los hilos.

4) Cuando no esté en uso, deberá ser guardado y asegurado dentro de su caja.

5) La caja debe mantenerse en lugar adecuado y no dejarla sobre una superficie donde se pueda caer con el balance del buque.

6) Cuando la humedad empañe los espejos, el sextante debe secarse con una gamuza, lienzo o papel de lente. No se usa seda, pues ésta puede rayar los espejos.

7) No use pulimentos sobre los limbos o vernier de plata o bronce; cuando tenga necesidad de limpiarlos, use amoníaco, o algodón humedecido con un poco de aceite de esperma.

8) La mayoría de los tornillos de ajustes están en pares. Asegúrese de aflojar uno antes de apretar el otro.

9) Aplique la menor fuerza posible cuando vaya a trabajar los tornillos de ajustes.

10) Cuando se lleva el sextante en su caja, coloque siempre, un dedo sobre la tapa del mismo para evitar que el sextante se salga si se le ha olvidado pasar los ganchos o si éstos tienden a aflojarse. Con una sola vez que se caiga el sextante, es suficiente para que quede permanente dañado el ajuste.

#### 6.08 PRECAUCIONES ANTES DE USAR EL SEXTANTE.

1) Enfocar bien el anteojo. Generalmente se usa el horizonte de la mar.

2) Si el tornillo de tangencia no es de tambor, colocarlo en su medianía.

3) Siempre verifique: error por perpendicularidad, error de lado y error de índice. Los dos primeros elimínelos; y si el Ei es menor de 3' es recomendable corregirlo aritméticamente. Si es mayor elimínelo.

4) Es preferible emplear el ocular obscuro a los modificadores.

5) Cuando se use modificadores es mejor usar un solo modificador obscuro que varios tenues.

#### 6.09 CORRECCIONES A LAS ALTURAS DE ASTROS TOMADOS CON SEXTANTES.

Sabemos que la altura de un astro es el ángulo formado en el centro de la Tierra, medido en el vertical del astro entre el horizonte verdadero y el astro.

En la resolución del triángulo de posición, es esta altura verdadera, la que se emplea en su cálculo, pero la altura del astro que se mide con el sextante se forma en el ojo del observador entre la visual al horizonte de la mar o visible y la visual al astro. Luego las alturas medidas directamente no están en condiciones de emplearlas en el triángulo de posición, sin antes convertirlas en ángulos al centro de la tierra, es decir en "Altura Verdadera".

Para reducir la altura tomada con sextante, llamada altura instrumental, a verdadera se le efectúan cinco correcciones:

- 1) Error instrumental o de índice.
- 2) Refracción.
- 3) Depresión.
- 4) Semi-diámetro.
- 5) Paralaje.

Las tres primeras afectan a todos los astros observables en la mar y las dos últimas únicamente a los que pertenecen al sistema solar.

La figura 6.09 muestra la altura verdadera de un astro y la observada en un mismo instante.

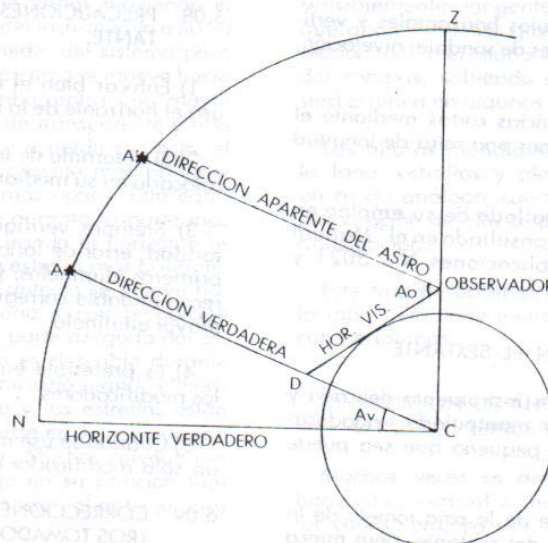


Figura 6.09

#### 6.10 ERROR INSTRUMENTAL O DE INDICE. (Ei.).

Este error que es debido al instrumento mismo, fue tratado en detalle en el párrafo 6.04-c. Aquí sólo diremos que siempre debe ser determinado antes de cada observación, y si fuera posible, después de ella, para aplicar el Ei medio con su signo a la "Altura instrumental" (Ai) y obtener la "Observada" (Ao).

$$Ao = Ai \pm Ei.$$

#### 6.11 REFRACCION.

Por Física sabemos que un rayo de luz que pasa oblicuamente de un medio menos denso a otro más denso se desvía de su dirección primitiva acercándose a la perpendicular, y, contrariamente, al pasar de un medio más denso a uno menos denso se desvía alejándose de la perpendicular. Esta desviación o inclinación de un rayo de luz a su paso de un medio a otro de diferente densidad se denomina Refracción.

Cuando un rayo luminoso atraviesa varios medios de caras paralelas se le ve refractado como si pasara directamente en la dirección del último medio.

Como nuestra atmósfera puede considerarse compuesta de un gran número de capas concéntricas de aire, cuyas densidades van aumentando a medida que se aproxima a la superficie terrestre; los rayos luminosos provenientes del exterior, donde reina el vacío, al penetrar en la atmósfera e ir encontrando medios más densos, experimentarán una desviación acercándose a la normal, adquiriendo en realidad una forma curvilínea. Por otra parte, nuestra vista proyectada ve la luz de los astros, según la última



dirección de los rayos luminosos recibidos, que es tangente a la trayectoria curvilínea de estos rayos en el punto de entrada de los mismo en el ojo del observador.

En consecuencia, la refracción atmosférica hace que los astros no aparezcan en su verdadera posición sino que a una altura algo mayor que la verdadera y de aquí que el signo de esta corrección sea siempre "negativa".

La figura 6.11 nos muestra como se refracta un rayo de luz de un astro hasta llegar a nuestro ojo.

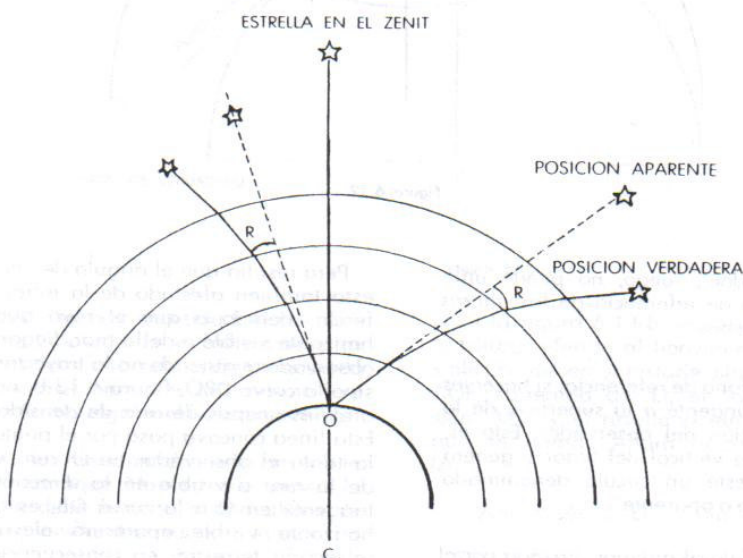


Figura 6.11

Podemos ver que el valor de la inclinación debido a la refracción disminuye rápidamente según el astro se eleva sobre el horizonte.

Si observamos un astro en el zenit, su rayo luminoso incidirá normalmente a las capas atmosféricas y por lo tanto no sufrirá desviación alguna. A medida que el astro disminuye en altura, más oblicuamente incidirán los rayos aumentando el ángulo de refracción, siendo máximo cuando su altura sea "cero".

El valor de la refracción varía de acuerdo con la densidad de la atmósfera, la cual a su vez, depende principalmente de la presión atmos-

férica y de la temperatura, y en menor escala de otros factores. Las correcciones tabuladas por refracción, son los promedios para condiciones "normales" (presión atmosférica 762 m/m. y temperatura 10° C). Las correcciones por presión atmosférica y por temperatura vienen en las tablas 23 y 24 de Bowditch, y tabla A4 del Almanaque Náutico.

Estas correcciones, por su pequeñez se usan rara vez, aunque debe usarse siempre, especialmente cuando la altura sea menor de 10°.

Debido a la irregularidad de la refracción es por lo que se evitan las alturas pequeñas.

## 6.12 HORIZONTES.

Horizonte es el círculo que rodea al observador donde parece juntarse el cielo con el mar; este círculo es lo que se llama horizonte visible o de la mar. Este círculo aumenta o disminuye de radio de acuerdo con la elevación del ojo del observador, como puede verse en la figura 6.12 en la que AOB representa la superficie de la tierra, O, 0' 0'' el ojo del observador a distintas alturas y HV y H' V' los horizontes de la mar correspondientes a esas elevaciones del ojo.

Vemos en consecuencia que el horizonte de la mar o visible varía con la elevación del

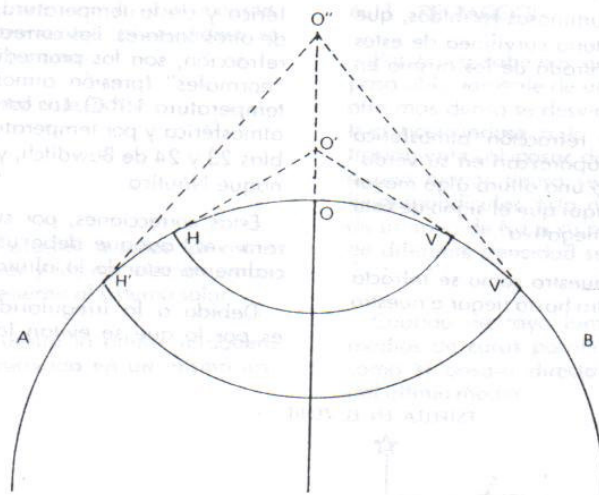


Figura 6.12

"ojo del observador"; luego, no puede utilizarse como plano de referencia de las alturas angulares de los astros.

Se obtiene un plano de referencia, si hacemos pasar un plano tangente a la superficie de la tierra en la posición del observador. Esto es, perpendicular a la vertical del lugar y genera en la esfera celeste un círculo denominado "horizonte sensible o aparente".

Un plano paralelo al anterior, trazado por el centro de la tierra genera lo que se llama "horizonte verdadero" y que será el origen de las alturas angulares de los astros. (Fig. 6.13-a).

### 6.13 DEPRESION. (DIP)

Por lo general, el ojo del observador está siempre más alto que el nivel del mar. En la figura 6.13-a el centro de la tierra es C; O el ojo del observador elevado a una altura  $h$  sobre el nivel del mar BV'.

Tracemos OV perpendicular a CZ, línea que nos representará el horizonte sensible o aparente del observador. El ángulo VOD es lo que se llama "Depresión Verdadera" y es el ángulo formado en el ojo entre la horizontal y la tangente a la tierra.

Pero resulta que el ángulo de depresión VOD está también afectado de la refracción atmosférica, debido a que el rayo que parte del horizonte visible o de la mar, llegará al ojo del observador siguiendo no la trayectoria recta OD sino la curva DBO, figura 6.13-b, debido a que atraviesa capas de aire de densidad variable. Esta línea cóncava pasa por el punto O y D. Por lo tanto el observador en O verá el horizonte de la mar o visible en la dirección OE de la tangente en O a la curva OB, es decir que el horizonte visible aparecerá elevado por la refracción terrestre; en consecuencia la altura angular medida con el sextante no es el ángulo AOD, sino que AOE y la depresión actual es el ángulo VOE, llamado Depresión aparente (Dip.) o simplemente "depresión" en la práctica, que puede definirse como que es el ángulo formado en el ojo del observador entre la horizontal y la visual al horizonte visible o de la mar. Por lo tanto la depresión aparente es un poco menor que la verdadera.

Para obtener el valor de la depresión aparente se emplean las siguientes fórmulas:

Depresión aparente =  $0,97 \sqrt{h}$  en donde " $h$ " se expresa en pies, obteniéndose la depresión en minutos de arco.

Dip =  $1,76 \sqrt{h}$  en donde  $h$  se expresa en metros y la depresión en minutos de arco.



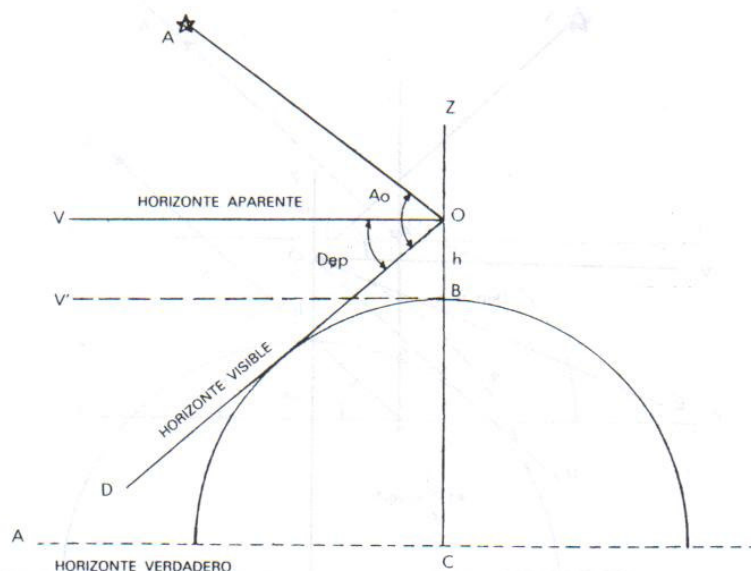


Figura 6.13-a

En la práctica, no hay necesidad de calcularla, pues viene tabulada. En el cálculo de estas tablas se considera una refracción de acuerdo con las condiciones normales de la atmósfera que afecta en forma regular el horizonte visible.

En las fórmulas mencionadas, está basada la Tabla del Almanaque Náutico que indica la corrección que debe hacerse a una altura de sol, estrella o planeta observada en la mar con sextante.

Bajo ciertas circunstancias el efecto de la refracción en un rayo de luz cercano a la superficie terrestre puede ser muy irregular. Es frecuente encontrarlas cuando existe diferencia notable entre la temperatura del mar y del aire, la que adquiere un máximo en calma y brizas leves, donde la escasa circulación atmosférica permite a las capas de aire formarse en capas horizontales de diferentes densidades, que disminuyen con el enfriamiento del aire. El efecto de esta distribución en la atmósfera por capas, es que al ser atravesadas por el rayo luminoso se refracta en forma diferente al que lo hacía en condiciones normales. El error decrece aumentando la elevación del ojo; en consecuencia cuando se cree que pueda existir condiciones anormales, obsérvese con la máxima elevación de ojo posible.

En la figura 6.13-b, se ve que para obtener la altura referida al horizonte aparente o sensible OV, debemos restarle a la altura observada AOE, corregida del Ei, el "ángulo de depresión" VOE y el resultado será el ángulo AOV que se llama "Altura aparente refractada". (Aar).

$$Aar = Ai \pm Ei - Dip.$$

Si a la Aar le corregimos el ángulo de refracción de acuerdo con lo indicado en el párrafo 6.11, se obtiene la "Altura aparente".

$$Aa = Ai \pm Ei - Dip. - Ref.$$

#### 6.14 SEMIDIAMETRO.

El Almanaque Náutico da la posición de los astros referida al centro de ellos.

Las estrellas son para el observador meros puntos luminosos en la esfera celeste; debido a la enorme distancia a que están, no tienen diámetro aparente mensurable y es por esto que sus alturas se consideran observadas en el centro de ellas.

Por otra parte, la inmensa distancia a que se encuentran permite considerar que, una altura

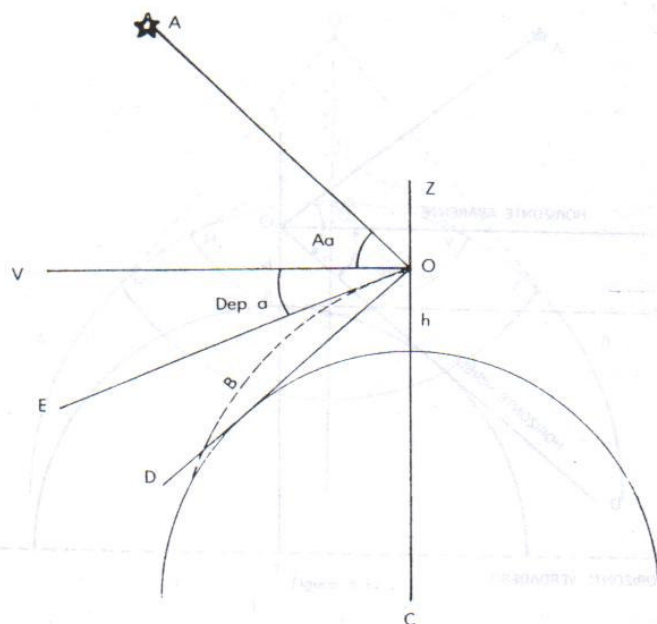


Figura 6.13-b

referida al horizonte aparente del observador es igual a la altura geocéntrica; es decir, referida al centro de la tierra, o lo que es lo mismo al horizonte verdadero.

En la figura 6.14, O es la posición del observador y Z su zenit. HOH' es el plano de su horizonte aparente o sensible y NCS el plano del horizonte verdadero.

Las tres correcciones analizadas en los párrafos anteriores, Ei, Dip. y Ref., han convertido la "Altura observada" con el sextante en altura contada a partir del horizonte aparente que, en el caso de las estrellas, es igual a la altura contada desde el horizonte verdadero. Vemos en la figura que OA es la visual a una estrella A. Siendo el radio de la tierra, un punto comparado con el de la esfera celeste, la visual CA será paralela a la OA y en consecuencia el ángulo AOH es igual al ángulo ACN, o sea que la altura referida al horizonte aparente (Aa) es la "Altura verdadera" (Av) en el caso de la estrella. Pero en el caso de los astros pertenecientes al sistema solar, se hacen necesarios otras dos correcciones para tener la Altura verdadera. En efecto el Sol y la Luna tienen diámetro apreciable y al obser-

varlos con el sextante es materialmente imposible estimar a ojo la posición del centro, siendo entonces necesario tangenteo el limbo inferior o superior con el horizonte de la mar para tomar alturas. En la práctica, generalmente, las alturas de Sol se miden con referencia al inferior.

Cuando se observa el limbo inferior la altura que se obtiene es menor que la altura referida al centro del astro en una cantidad igual al "Semidiámetro" del astro. Cuando se observa el limbo superior la altura que se obtiene es mayor que la referida al centro en una cantidad igual al "Semidiámetro". En consecuencia la corrección por "semidiámetro" tiene signo positivo o negativo según el limbo que se observa.

El semidiámetro de los astros varía inversamente con la distancia al observador, como la Tierra se mueve alrededor del Sol en una órbita elíptica, la distancia al Sol variará en el transcurso de un año, por tanto el semidiámetro es una cantidad variable, teniendo un valor medio de 16'. Varía entre 15' 45" a principios de Julio, cuando la Tierra está a su máxima distancia del Sol y 16' 18" a comienzos de Enero, cuando la Tierra está a su mínima distancia del Sol.



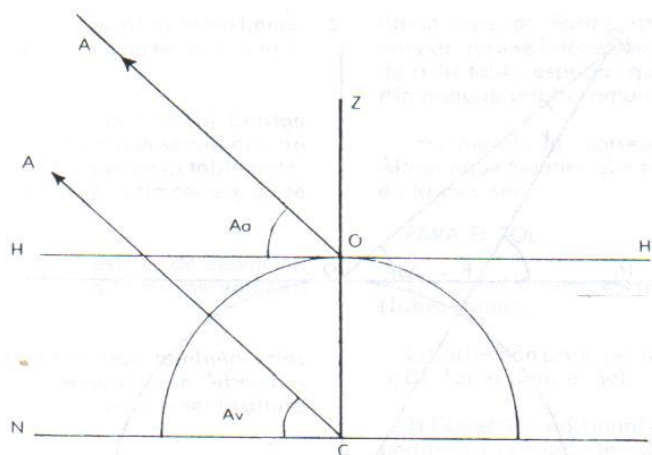


Figura 6.14

El semidiámetro de la Luna tiene una variación similar, pero como la excentricidad de su órbita es mucho mayor que la de la Tierra, variará entre límites más grandes. Por otra parte, la Luna completa una revolución a nuestro alrededor, en un período cercano a un mes, el que comparado con el año de la Tierra alrededor del Sol, se deduce que la variación del semidiámetro lunar es más rápido que el solar. Además la distancia de la Luna al centro de la Tierra es relativamente pequeña (240.000 millas) lo que hace que esta distancia varíe apreciablemente, durante el día, con la altura de la Luna, siendo máxima en el horizonte y mínima en el zenit, variación que a su vez produce un cambio en el semidiámetro llamado "aumento del semidiámetro lunar", cuyo valor es despreciable en la mar; no así en trabajos hidrográficos de precisión. Esto no ocurre con el Sol, debido a que su distancia es muy grande comparada con el radio de la Tierra.

En consecuencia, el semidiámetro de la Luna varía diariamente, tanto por la elipticidad de su órbita como por la variación de la altura.

Los planetas tienen a su vez semidiámetro mensurable, el que es extremadamente pequeño. Es costumbre despreciarlo en la mar.

Ahora si aplicamos esta nueva corrección en la ecuación de la altura para astros del sistema solar, se tiene:

$$A_a = A_i \pm E_i - \text{Dip} - \text{Ref} + S/D$$

#### 6.15 PARALAJE (PH).

Paralaje es un desplazamiento aparente de un objeto debido a un cambio de posición del observador. Si Ud. mira su dedo pulgar con el brazo extendido y cierra alternativamente un ojo y después el otro, el dedo parece desplazarse con respecto al fondo. La cantidad de paralaje será igual al ángulo subtendido en el dedo entre las líneas que lo unen con los dos ojos.

Los paralajes del Sol, la Luna y los cuerpos más cercanos de nuestro sistema planetario están basados en un desplazamiento aparente de estos astros entre dos observadores, que están separados por una distancia igual al radio de la Tierra. Para más claridad, la paralaje de uno de estos astros, es el ángulo subtendido por el radio terrestre del observador, como se ve en la figura 6.15 (ángulo OLC).

De aquí que el ángulo de paralaje varía con la distancia a la Tierra. Es mayor cuando está más cercano. El paralaje medio del Sol es 8",8 y el de la Luna 58",8.

Las estrellas están a distancias tan grandes que el radio de la Tierra no daría suficiente paralaje para ser medido. El paralaje de los astros que componen el sistema solar, cuando se considera en relación con la altura del astro se llama "Paralaje de Altura". El paralaje a altura cero es el mayor, y se llama "paralaje horizontal". Cuando la altura es de 90° el paralaje es "cero".

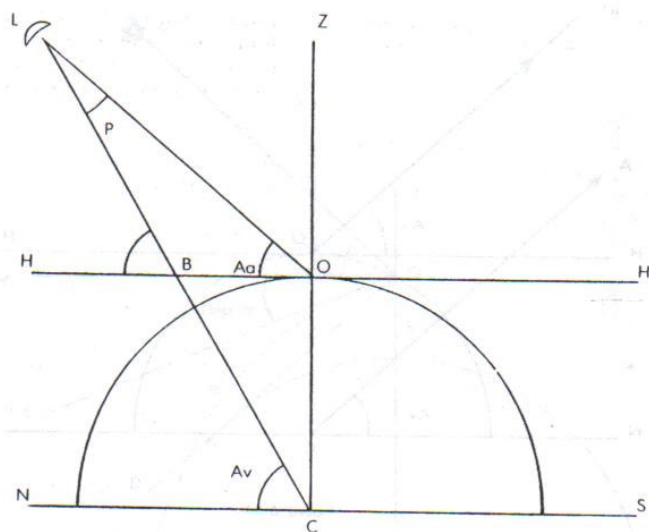


Figura 6.15

En la figura 6.15, tenemos L la Luna; su altura sobre el horizonte aparente ( $Aa$ ) es el ángulo LOH y la altura verdadera ( $Av$ ) es el ángulo LCN que a la vez es igual al ángulo LBH por ser correspondiente. El ángulo OLC es el paralaje ( $P$ ).

Por geometría sabemos que el ángulo exterior de un triángulo es igual a la suma de los interiores no adyacentes, luego  $LBH = Aa + P$  pero  $LBH = Av$  entonces  $Av = Aa + P$ .

En todos los casos el paralaje tiene signo positivo.

El paralaje horizontal de los astros ( $Ph$ ) se deduce en función de la distancia al astro y del radio terrestre:

$$\text{Sen } Ph = \frac{R}{d}$$

$$\text{Paralaje de Altura (Pa)} = Ph \cos Aa$$

Fórmulas que son tabuladas y que suministra el paralaje en altura del sol en función de la altura aparente.

El paralaje horizontal de los planetas se convierte en  $Pa$  mediante tablas en la que los argumentos son  $Ph$  y la altura aparente del planeta observado.

En consecuencia la ecuación general de la altura es:

$$Av = Ai \pm Ei - \text{Dip} - \text{Ref} + S/D + Pa.$$

#### 6.16 CORRECCIONES DE ALTURAS EN LA MAR.

La ecuación anterior sólo tiene aplicación en Hidrografía; en la mar, el navegante necesita rapidez y seguridad a cambio de una extrema exactitud. Para ello hay tablas confeccionadas que vienen en las tablas de cálculo de navegación y en el Almanaque Náutico para ser aplicadas a las Alturas observadas. Su uso es fácil. Las tablas que vienen por lo general en algunos textos de navegación se componen de tres partes A, B y C.

A) Da una corrección combinada de la refracción atmosférica, semidiámetro y paralaje en función de la altura aparente del astro. Está dividido en dos columnas:

1) Una para el Sol, donde la corrección combinada es "siempre positiva", lo que se debe a que la suma del semidiámetro y paralaje es mayor que la negativa de la refracción atmosférica.

2) Otra para estrella, incluyendo planetas en que la corrección combinada es "siempre



negativa", debido a que las estrellas no tienen semidiámetro ni paralaje y sólo se considera la refracción.

B) Tabla de la fecha, sólo para el Sol. Corrige la variación que experimenta el semidiámetro durante el año, debido a que en la tabla anterior se consideró una de 16'. Esta corrección se llama "adicional del Sol".

C) Tabla de depresión, esto es de elevación del ojo (Para convertir la altura observada en aparente).

El Almanaque Náutico trae también estas tablas que dan las correcciones que deben hacerse a la altura observada para tener la altura verdadera.

Estas correcciones vienen en la cara interior de la tapa delantera para el Sol, planetas y estrellas. Para la Luna viene en la cara interior de la tapa posterior. Para hacer la corrección a la altura del Sol se corrige primero por Ei y por elevación del ojo (depresión), obteniendo la altura aparente. Con este valor como argumento y la fecha se saca la corrección combinada por refracción, paralaje y semidiámetro, teniendo la precaución de fijarse bien al tomar el dato que corresponde al mes y al limbo observado. A la vuelta de la hoja se encuentra la corrección adicional por temperatura y presión en condiciones no estándares. Para usar esta última tabla se entra al gráfico con la temperatura y presión como argumentos, encontrando una zona letra. Usando como argumento esta zona letra y la altura aparente, determina una corrección que debe hacerse a la altura. Esta corrección se hará al Sol, planetas, estrellas y Luna. Para la corrección a las alturas de planetas y estrellas, se usa la misma tabla de elevación del ojo y la correspondiente a estos astros, efectuando además la corrección adicional que viene para los planetas Venus y Marte.

Para la Luna se corrige primeramente por Ei y Eojo. Enseguida, se procede a la corrección combinada por refracción, semidiámetro y paralaje. Esta corrección se obtiene en dos partes en el Almanaque Náutico; la primera corrección es tomada desde la parte de arriba de la tabla con argumento la altura aparente (alt. ap.) y la segunda desde la parte de abajo con argumento el paralaje horizontal (PH) en la misma columna en que fue obtenida la primera corrección. Las correcciones están dadas separadas para el limbo inferior (I) y limbo superior (S). Toda esta corrección es para ser agregada a la altura aparente, pero debe restarse 30' a la altura cuando se ha observado el

limbo superior. Para corrección por presión y temperatura se hace como ya se indicó, entrando a la tabla especial que hay en el mismo Almanaque (tabla común).

Resumiendo las correcciones por tablas o Almanaque Náutico que se hacen a las alturas en la mar son:

#### PARA EL SOL.

1) Corrección por elevación del ojo a Dip. (Tabla común).

2) Corrección principal (Refracción, paralaje, S/D). Tabla para el Sol.

3) Corrección adicional por Refracción (Temperatura y presión atmosférica) Tabla común.

#### PARA LAS ESTRELLAS.

1) Corrección por elevación del ojo o Dip. (Tabla común).

2) Corrección principal (Refracción) Tabla para estrellas y planetas.

3) Corrección adicional por Refracción (Temperatura y presión atmosférica). Tabla común.

#### PARA PLANETAS.

1) Corrección por elevación del ojo o Dip. (Tabla común).

2) Corrección principal por refracción, paralaje y semidiámetro. Tabla para estrellas y planetas.

3) Corrección adicional a los planetas Venus y Marte.

4) Corrección adicional por refracción (Temperatura y presión atmosférica). Tabla común.

#### PARA LA LUNA.

1) Corrección por elevación del ojo o Dip. (Tabla común).

2) Corrección principal (Refracción paralaje y semidiámetro). Tablas para la Luna.

3) Corrección adicional por refracción (Temperatura y presión atmosférica). Tabla común.

4) Corrección de 30 minutos, negativo, cuando se observa el limbo superior de la Luna.

NOTA: La suma de las correcciones parciales, exceptuando la por E. ojo (Dip) se le llama comúnmente "corrección Total" (CT) y es aplicada en esa forma a la "altura aparente".

#### EJEMPLOS.

Calcular la Av de una observación de limbo inferior de Sol, el 13 de Septiembre de 1978, siendo la Ai 21° 35' Ei - 2'; E. ojo 14 metros; temperatura 12° C; presión atmosférica 990 milibares.

$$\begin{aligned} Ai \odot &= 21^\circ 35' \\ Ei &= - 2' \\ Ao \odot &= 21^\circ 33',0 \\ Dip &= - 06',6 \\ Aap \odot &= 21^\circ 26',4 \\ CT &= + 13',7 \\ Av \odot &= 21^\circ 40',1 \end{aligned}$$

$$C1(A2) = + 13',6$$

$$C2(A4) = + 0',1 \text{ (Temp. y Presión).}$$

$$CT = + 13,7$$

El 4 de Junio de 1978 se observó Venus Ai = 20° 59',5 y Arcturus Ai = 61° 40',1 Ei = + 1',5 E. ojo = 30 pies, temperatura 15° C, Presión 1010 milibar. Calcular la Av de estos astros.

#### VENUS.

$$\begin{aligned} Ai * &= 20^\circ 59',5 \\ Ei * &= + 1',5 \\ Ao * &= 21^\circ 01',0 \\ Dip * &= - 5',3 \\ Aap * &= 20^\circ 55',7 \\ CT * &= - 2',3 \\ Av * &= 20^\circ 53',4 \end{aligned}$$

$$C1(A2) = - 2',5$$

$$C2(C.ad.) = + 0',1$$

$$Co \odot y \beta = + 0',1 \text{ (Temp. y Presión Tabla Bowditch)}$$

$$CT = - 2',3$$

#### ARCTURUS.

$$\begin{aligned} Ai * &= 61^\circ 40',1 \\ Ei * &= + 1',5 \\ Ao * &= 61^\circ 41',6 \\ Dip * &= - 5',3 \\ Aap * &= 61^\circ 36',3 \\ CT * &= - 0',5 \\ Av * &= 61^\circ 35',8 \end{aligned}$$

$$C1(A2) = - 0',5$$

$$Co \odot y \beta = + 0',0$$

$$CT = - 0',5$$

El 9 de febrero de 1978, se observó la Luna limbo inferior Ai = 33° 28',6 y limbo superior Ai = 26° 07',7 E. ojo = 18 pies, temperatura - 3° C., presión 982 milibares a la HmGr = 1000 Hrs. Ei = - 1'; Paralaje (HP) 59',1.

#### LIMBO INFERIOR.

$$\begin{aligned} Ai \odot &= 33^\circ 28',6 \\ Ei &= - 1',0 \\ Ao \odot &= 33^\circ 27',6 \\ Dip &= - 4',1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Aap \odot &= 33^\circ 23',5 \\ CT &= + 1' + 03',9 \end{aligned}$$

$$Av \odot = 34^\circ 27',4$$

$$HP = 59',1$$

$$C1 = 57',4$$

$$C2(HP) = 6',6$$

$$Co \odot y \beta (A4) = - 0',1$$

$$CT = + 63',9$$

$$= + 1^\circ 03',9$$



## LIMBO SUPERIOR.

|                                     |                    |
|-------------------------------------|--------------------|
| $Ai \overline{C} =$                 | $26^{\circ} 07',7$ |
| $Ei =$                              | $- 1',0$           |
| $Ao \overline{C} =$                 | $26^{\circ} 06',7$ |
| $Dip =$                             | $- 4',1$           |
| $Aap \overline{C} =$                | $26^{\circ} 02',6$ |
| $CT =$                              | $+34',9$           |
| $Av \overline{C} =$                 | $25^{\circ} 37',5$ |
| $HP =$                              | $59',1$            |
| $C1 =$                              | $60',5$            |
| $C2(Hp) =$                          | $4',5$             |
| $Co \Theta \text{ y } \beta (A4) =$ | $- 0',1$           |
| $Co Limbo =$                        | $-30',0$           |
| $CT =$                              | $+ 34',9$          |

## 6.17. DEPRESION EN LA LINEA DE LA COSTA.

Para tomar la altura de un astro cuando el pie vertical cae en una tierra que se halla dentro del horizonte visible, se deberá observar el ángulo entre el astro y la línea de la costa. En este caso el ángulo de depresión que hay que aplicar será mayor. El valor de la nueva Depresión se obtiene de la Tabla 22 de Bowditch en función de la "elevación del ojo" y de la distancia a la costa.

En la práctica esto es de rara utilidad puesto que un observador que esté a menos de 20 pies de altura la distancia al horizonte es menor de 5 millas y nunca será necesario hacer observaciones astronómicas, teniendo la costa a menos de cinco millas.

## CAPITULO VII

### MEDICION DEL TIEMPO

**Clases de tiempo y días - Hora, tipos y su relación - Cronómetros, usos y cuidados - Estado absoluto y su determinación - Señales horarias y sistemas empleados por el SHOA - Marcha de un cronómetro y su cálculo - Comparadores y relojes**

#### 7.00 DIA SOLAR VERDADERO.

Un día es el tiempo que dura una rotación completa de la tierra alrededor de su eje. Resulta, sin embargo, que el período de tiempo medido, varía según el punto de referencia usado para hacer la medición (Sol, estrellas, etc.). Se tendrán entonces diferentes clases de tiempo y días de distinta duración. Además, como cada clase de tiempo divide su día en 24 horas de 60 minutos cada una, y cada minuto en 60 segundos, estas unidades también diferirán en duración entre sí. Nos ocuparemos primeramente de la medición que nos da el sol como punto de referencia:

"Día solar verdadero" es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos del sol por el mismo meridiano de un lugar, y se inicia en el instante en que el sol está en su culminación del meridiano inferior del observador y termina al llegar nuevamente a este mismo punto, lapso en el cual su círculo horario se ha desplazado angularmente 360°.

Pero, debido a que la velocidad de traslación de la tierra alrededor del sol no es uniforme, el día solar verdadero tampoco tiene una duración constante y por lo tanto el círculo horario del sol no tiene un avance regular.

A pesar de la variabilidad del día solar, su influencia en la vida es de tal naturaleza fundamental, que su ritmo rige toda la actividad que se desarrolla en nuestro planeta.

#### 7.01 SOL MEDIO.

La dificultad que ofrece el Sol verdadero para la medición del tiempo, indujo la adopción de un Sol imaginario, el cual recorre la misma trayectoria del Sol verdadero, pero de tal modo que su movimiento en ascensión recta es uniforme. Esta velocidad es la media anual de las velocidades del sol verdadero.

Al tiempo referido a este Sol se le llama tiempo medio y de él derivan los días medios, horas medias, etc.; se mide por medio de relojes corrientes o, con mayor precisión, por cronómetros de tiempo medio. Como el Sol medio demora 24 horas medias entre dos pasos consecutivos por un mismo meridiano (360°) hay equivalencia entre las horas medias y el movimiento angular del horario del Sol así:

$$360^{\circ} = 24 \text{ horas} = 1 \text{ día medio}$$

$$15^{\circ} = 1 \text{ hora}$$

$$1^{\circ} = 4 \text{ min.}$$

$$15' = 1 \text{ min.}$$

$$1' = 4 \text{ seg.}$$

$$0',25 = 15'' = 1 \text{ seg.}$$



Tal como se tratará más adelante, el día solar medio evaluado en unidades del día sideral equivale a 24 hrs. 03 min. 56,5553 seg. de tiempo sidéreo.

## 7.02 ECUACION DEL TIEMPO. (Et.).

Si el Sol medio se mueve con la velocidad medio anual de Sol verdadero, los horarios de ambos no coincidirán salvo cuatro instantes del año. En ciertas épocas el horario del Sol verdadero irá más o menos adelantado respecto al horario del Sol medio y en otros más o menos atrasado. El ángulo formado por ambos horarios en un instante cualquiera reducido a minutos y segundos de tiempo medio, se llama Ecuación del Tiempo, o sea es la diferencia entre el tiempo solar medio y el tiempo solar verdadero.

La ecuación del tiempo tiene signo positivo si el Sol verdadero está adelantado al medio y negativo en caso contrario. De donde se desprende que, la Ecuación del Tiempo (Et) con su signo, viene dada para ser aplicada al Sol medio para obtener la posición del verdadero. Si se aplica al verdadero para obtener la posición del Sol medio debe cambiársele signo.

La Ecuación del Tiempo viene dada diariamente en el Almanaque Náutico y su valor no

excede de 16,4 minutos. Las cuatro veces en el año en que ambos soles coinciden, la Et. tiene un valor de cero.

## 7.03 HORA VERDADERA DE UN LUGAR.

La hora verdadera de un lugar es el tiempo verdadero transcurrido desde que el Sol verdadero pasó por el meridiano inferior del lugar, hasta el instante considerado.

Mediodía verdadero es el momento del paso del sol por el meridiano superior del lugar.

En un lugar determinado, la hora verdadera difiere de la media, en la ecuación del tiempo. Esto nos da un método para pasar de una hora a otra por la siguiente fórmula:

$$Hvl = Hml + Et.$$

$$Hml = Hvl - Et.$$

Tenga presente al emplear la fórmula, que la Et. viene dada con signos positivo o negativo.

En la figura 7.03 que representa la tierra mirada desde uno de los polos celestes (elegiremos normalmente el polo sur), se deduce que:  $Hvl = AHL\odot v + 12$ , restándole 24 horas si la suma excede esa cantidad. También se deduce que:  $Pw = AHL\odot v$  y  $PE = 360^\circ - AHL\odot v$ .

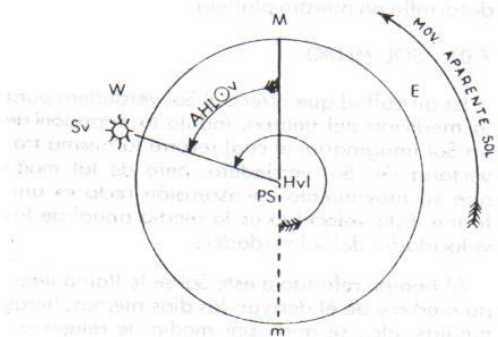
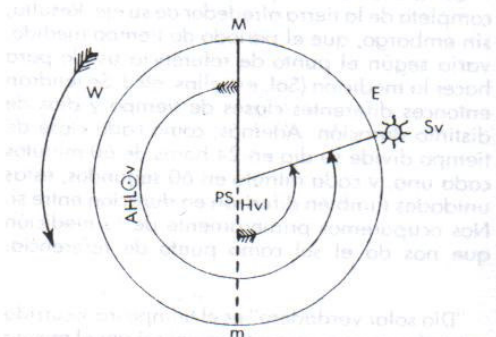


Figura 7.03

## 7.04 HORA MEDIA DEL LUGAR (Hml.).

Es el tiempo transcurrido desde que el sol medio pasó por el meridiano celeste inferior de un lugar, hasta el instante considerado. Si en la figura anterior cambiamos el Sol verdadero por el medio, tendremos que:  $Hml = AHL\odot m + 12$ , restándole 24 horas si la suma excede de esa cantidad. Igualmente  $Pw = AHL\odot m$  y  $PE = 360^\circ - AHL\odot m$ .



## 7.05 DIA SIDEREO.

Es el tiempo transcurrido entre dos pasos consecutivos de una estrella por el mismo meridiano. Este día es constante en duración ya que equivale al tiempo que emplea la tierra en su rotación diaria ( $360^\circ$ ), el que medido en nuestros relojes de tiempo medio da 23 horas 56 minutos 04 segundos. La menor duración del día sidéreo con respecto al solar medio se debe, como puede

verse en la figura 7.05 a la inmensa distancia de las estrellas, comparada con la distancia al sol, estas se ven siempre situadas en la misma dirección. Pero como la tierra tiene un avance diario debido a su movimiento de traslación alrededor del sol, obliga al meridiano "M" a un desplazamiento extra para encontrarlo. A este avance extra, que en la figura se ha exagerado para una mejor comprensión, se debe la menor duración del día sidéreo.

El día sidéreo también se divide en 24 horas sidéreas de 60 minutos cada una, las que a su vez se dividen en 60 segundos sidéreas.

El día sidéreo es el que más se acerca a las condiciones ideales de constancia e inmutabilidad exigidas para la medida del tiempo; sin embargo, también está afectado por la variación en la velocidad de rotación de la tierra y por el desplazamiento diurno de las estrellas.

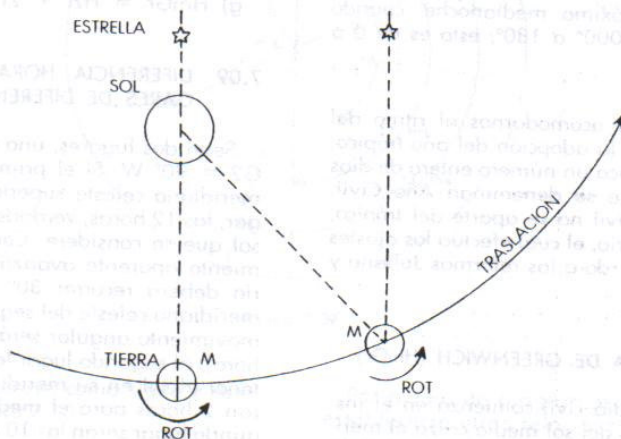


Figura 7.05

## 7.06 TIEMPO SIDEREO U HORA SIDEREA.

Para la medición del tiempo sidéreo u hora sidérea se usa como punto de referencia el punto VERNAL (o ARIES). La hora sidérea de un lugar (Hsl) en un instante dado, es igual al ángulo horario del punto Vernal para ese lugar en ese instante, luego la Hsl puede definirse como el tiempo sidéreo transcurrido desde que el punto Vernal ( $\Upsilon$ ) pasó por el "Meridiano superior del lugar" hasta el instante considerado. Como para las horas sidéreas rige la equivalencia de 1 hora sidérea =  $15^\circ$ , es fácil ubicar en un diagrama horario, el punto Vernal con respecto al meridiano del lugar cuando se da la hora sidérea del lugar. Igualmente, para Greenwich, el AHGr  $\Upsilon$  será siempre igual a la HsGr (hora sidérea de Greenwich).

Es precisamente el AHGr  $\Upsilon$  = HsGr el dato que aparece en los almanaques náuticos, para dar la posición del punto Vernal para cada HmGr.

De igual manera, la posición de las estrellas las da el Almanaque Náutico indicando la Declinación y el AHS (suplemento de la AR.), valores que se dan diariamente a pesar de la pequeña variación que experimentan.

Otra diferencia importante entre las horas medias y las sidéreas, es que las primeras forman fecha, es decir meses y años; en cambio las horas sidéreas, como sirven para indicar posición del punto Vernal, no son acumulativas. Si en un problema aparece una hora sidérea superior a 24 horas, se le restarán 24 horas y el saldo será la hora sidérea real.

Para colocar en hora un reloj sidéreo, bastará calcular el ángulo horario de un astro en un momento cualquiera; siendo el más favorable para esta operación cuando se produce el paso del astro por el meridiano del lugar, ya que la hora sidérea en ese momento será igual a la Ascensión Recta, o sea  $360^\circ - \text{AHS}$  del astro.



### 7.07 DÍA Y AÑO CIVIL.

Día civil es aquel que cumple con las necesidades de la colectividad. Comienza a medianoche cuando el sol medio cruza el meridiano inferior del lugar, o sea, cuando el  $AHL\odot m = 12$  hrs. y termina en la próxima medianoche. Se divide en 24 horas solares medias, contados en dos series de 12 horas; la primera comprende desde medianoche a mediodía, período en que el  $AHL\odot m$  va de  $180^\circ$  a  $360^\circ$ ; o bien de 12 a 24 horas. La segunda desde mediodía a la próxima medianoche, cuando el  $AHL\odot m$  va de  $000^\circ$  a  $180^\circ$ ; esto es de 0 a 12 horas.

La necesidad de acomodarnos al ritmo del sol, hizo necesaria la adopción del año trópico, usando en la práctica un número entero de días solares medios que se denominan Año Civil. Para que el año civil no se aparte del trópico, se ideó el Calendario, el cual efectúa los ajustes requeridos de acuerdo a las reformas Juliana y Gregoriana.

### 7.08 HORA MEDIA DE GREENWICH (HmGr).

Dijimos que el día civil comienza en el instante que el centro del sol medio cruza el meridiano inferior del lugar, en consecuencia existen tantas horas civiles, como meridianos inferiores hayan, esto es infinitas. De aquí la necesidad de tener una hora común a la cual poder referirse, o lo que es lo mismo tener un meridiano origen al cual poder referir los demás.

El meridiano adoptado internacionalmente es el que pasa por el observatorio astronómico de Greenwich; entonces la Hora media de Greenwich (HmGr) es el tiempo transcurrido desde que el Sol medio pasó por el meridiano inferior de Greenwich hasta el instante considerado.

El meridiano de Greenwich es también el meridiano origen de las longitudes.

Todos los datos de los astros necesarios para obtener la situación de un buque por observación astronómica, vienen dados en los almanaques náuticos, relacionados, de una u otra manera, con la hora media de Greenwich. Por esta razón es importante saber determinar la HmGr en cualquier instante.

Así tenemos las siguientes fórmulas para obtener la HmGr:

$$a) HmGr = Hcp + cp + Ea$$

$$b) HmGr = Hcr + Ea$$

$$c) HmGr = Hml + Gw$$

$$d) HmGr = Hml - Ge$$

$$e) HmGr = (Hvl - Et) + Gw$$

$$f) HmGr = (Hvl - Et) - Ge$$

$$g) HmGr = Hzl + Zh$$

### 7.09 DIFERENCIA HORARIA ENTRE DOS LUGARES DE DIFERENTE LONGITUD.

Sean dos lugares, uno de  $G1 = 60^\circ W$  y otro  $G2 = 90^\circ W$ . Si el primero tiene el sol en su meridiano celeste superior, serán para ese lugar, las 12 horas, verdaderas o medias, según el sol que se considere. Como el sol en su movimiento aparente avanza hacia el W, su horario deberá recorrer  $30^\circ$  para coincidir con el meridiano celeste del segundo lugar. Como este movimiento angular será de dos horas ( $15^\circ$  por hora), al segundo lugar le faltarán 2 horas para tener el sol en su meridiano, es decir, le faltarán 2 horas para el mediodía. Luego en el segundo lugar serán las 10 AM.

Un tercer lugar, cuya longitud sea  $G3 = 45^\circ W$ ; es decir, situada  $15^\circ$  más al Este que el primero tendrá, en el instante del mediodía de este último, una hora más que él; es decir, su hora será las 13 horas, puesto que el sol hace una hora que pasó por su meridiano.

La figura 7.09, ilustra el caso de los tres lugares mencionados con sus posiciones relativas y de cuyo estudio se desprende lo siguiente:

a) La diferencia de hora o de "AH" entre dos lugares es igual a su diferencia de longitud.

b) La diferencia de hora o de "AH" entre un lugar y Greenwich es igual a la longitud.

c) Todo lugar al Este de otro tiene más hora o "AH".

### 7.10 DIAGRAMA DE LA HORA.

Todo problema que tenga relación con la hora puede ser representado gráficamente, lo que permite formarse un concepto muy claro de este elemento tan importante en navegación astronómica.

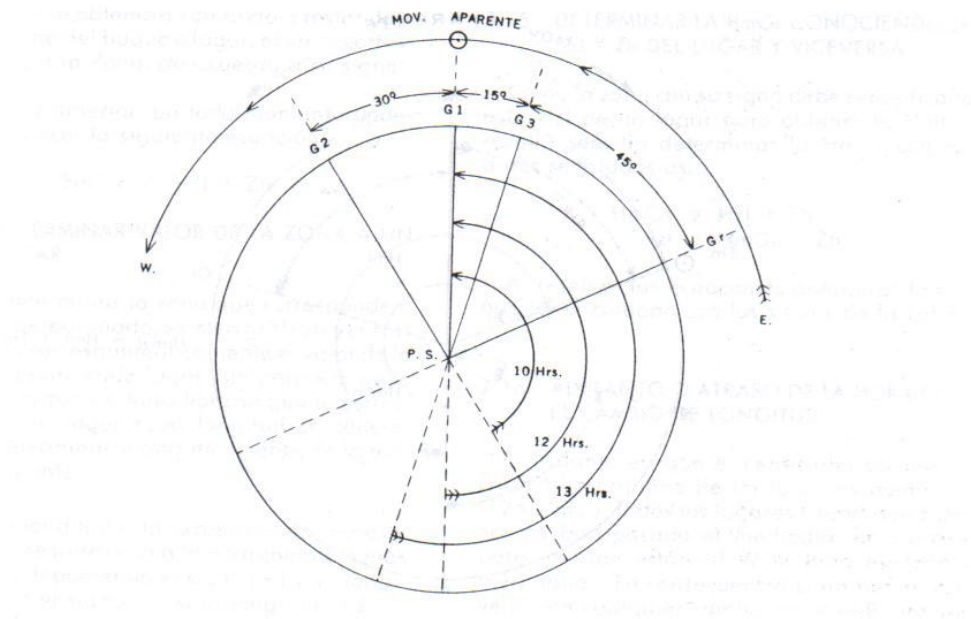


Figura 7.09

El diagrama se construye como sigue y está representado en la figura 7.10.

Dibújese un círculo que representará el equinoccial mirado desde el polo sur, luego el polo P ocupará el centro. Esta circunferencia se considerará dividida en 24 horas o 360°, según el caso. Trácese el meridiano del lugar, MPm verticalmente, con la parte inferior de puntos, Pm. Indíquese con una flecha exterior, el movimiento aparente del sol hacia el Oeste. Ahora, ubíquese el meridiano de Greenwich, a la derecha o izquierda del meridiano del lugar de acuerdo con el signo y magnitud de la longitud. Con la hora media localícese el círculo horario que ocupa el Sol medio en el instante que se considera, contada a partir del meridiano inferior, m, en el sentido del movimiento aparente. El gráfico indicará la HmGr por el arco equinoccial contado desde el meridiano inferior de Greenwich, g, hasta el círculo horario del sol, en el sentido del movimiento aparente.

Cuando el círculo horario del sol está entre los meridianos inferior la fecha entre Greenwich y el otro lugar es distinta, teniendo la fecha mayor el de más al Este.

Tenga siempre presente que todo instante se halla definido por dos elementos: "Fecha y Hora", que son inseparables.

Por medio de diagramas similares pueden establecerse otras relaciones de hora en que intervengan el Sol, punto vernal, estrellas, planetas y los meridianos del lugar y de Greenwich. (Ver los diagramas del Capítulo I, figuras: 1.02, 1.02-a, b, c, d, e, f, g, h).

### 7.11 ZONAS Y HUSOS HORARIOS.

Puesto que la hora media de un lugar depende de la posición del Sol medio con respecto al meridiano inferior de ese lugar; todos los lugares de la tierra que estén en diferentes meridianos tendrán como es lógico, diferentes horas. Ello nos indica, que los habitantes de un país con diferentes meridianos, deberían tener diferentes horas en sus relojes. Esto que implicaba graves inconvenientes, se subsanó, por acuerdo internacional, de la manera siguiente:

Se dividió la superficie terrestre en 24 partes iguales llamados "husos", cada una de ellas encerrada por dos meridianos separados 15°. Dentro de la zona encerrada por uno cualquiera de estos husos, todos los relojes tendrían la misma hora. Entre los relojes de una zona y la adyacente debería haber una diferencia de 1 hora exacta, manteniendo la igualdad en todos para los minutos y segundos.



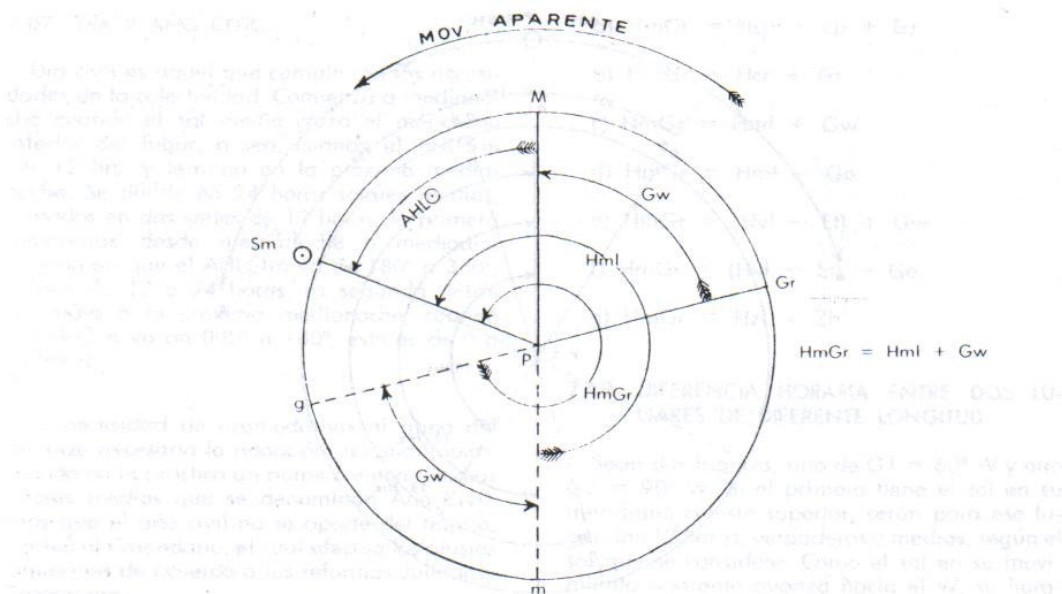


Figura 7.10

La ubicación exacta de los husos mencionados es tal que, el meridiano de Greenwich divide al huso que le corresponde exactamente por la mitad. A la región encerrada por este huso se llamó Zona 0 (cero). Los meridianos del huso cero quedaron: uno de  $7^{\circ},5$  al E del meridiano de Greenwich y el otro de  $7^{\circ},5$  al W del meridiano de Greenwich.

A partir del huso "cero" origen, siguen al E los numerados  $-1, -2, -3$ , etc., y hacia el W los numerados  $+1, +2, +3$ , etc. El huso 12 tiene como meridiano central el  $180^{\circ}$ , la mitad que cae en longitud E se le designa con  $-12$ , la otra mitad que cae en longitud W se designa con  $+12$ .

Las longitudes de los meridianos centrales de cada zona son múltiplos de  $15^{\circ}$ , de donde la diferencia de hora entre sí, y entre ellos y el meridiano central de Greenwich, será siempre un número exacto de horas.

La carta N° 13 editada por el SHOA da los valores e indicaciones correspondientes sobre las "zonas horarias", la que deberá ser consultada por el navegante cada vez que sea necesario.

## 7.12 HORA ZONA DE UN LUGAR (HzL)

Es la hora media del meridiano central del huso al cual pertenece.

De esta definición se desprende que en todos los meridianos centrales, la hora zona (HzL) coincide exactamente con la hora media (HmL).

Como el meridiano de Greenwich (o meridiano  $0^{\circ}$ ) es el meridiano central de su propio huso, siempre tendremos que:

$$HmGr = HzGr$$

## 7.13 ZONA DE UN LUGAR (Zh)

Es el huso al cual pertenece el lugar y que se distingue, como vimos por un número que lleva antepuesto un signo. El número indica las horas de diferencia que hay entre la HzGr y la hora zona del lugar. Si el signo antepuesto es  $(-)$  quiere decir que el lugar está al E y que Greenwich tiene menos hora que el lugar. Si el signo es  $(+)$ , quiere decir que el lugar está al W y que Greenwich tiene más hora que él.

La HmGr se obtendrá sumando o restando a la Hora Zona del buque o lugar, el valor correspondiente a la Zona, de acuerdo a su signo.

Según lo anterior, en todo momento podemos establecer la siguiente ecuación:

$$\text{HmGr} = \text{Hzl} + \text{Zh}$$

#### 7.14 DETERMINAR VALOR DE LA ZONA A UN LUGAR

Para determinar la zona que corresponde a un lugar determinado, existen gráficos y cartas que muestran esquemáticamente el valor de la zona (Zh) para cada lugar. Sin perjuicio de lo anterior, la zona o huso horario que le corresponde a un lugar cuya longitud se conoce, puede determinarse analíticamente de la manera siguiente:

A) Si la longitud está expresada en "horas y minutos", se aproxima a la hora completa más cercana anteponiendo el signo (+) si la longitud es W o el signo (-) si la longitud es E.

Ejemplo:

Se desea saber que zona o huso horario le corresponde a un lugar de G = 07h 28m E.

Solución:

La G está más cerca a 7 horas que a 8 horas luego corresponde Zona - 7 (Zh = -7).

NOTA.

Para una G = 07 hrs. 32 m. E le correspondería zona -8 (Zh = -8).

B) Si la longitud de un lugar viene expresada en grados y fracción, se dividen éstos por 15°, aproximando al número entero más próximo.

Ejemplos:

Se desea saber que zonas o husos horarios le corresponde a un lugar de G = 112° 36' W; de G = 112° 30' W y de G = 112° 14' W.

Soluciones:

$$\begin{aligned} 112^{\circ},6 : 15 &= 7,51, \text{ luego } \text{Zh} = +8 \\ 112^{\circ},5 : 15 &= 7,5, \text{ luego } \text{Zh} = +8 \\ 112^{\circ},2 : 15 &= 7,4, \text{ luego } \text{Zh} = +7 \end{aligned}$$

#### 7.15 DETERMINAR LA HmGr CONOCIENDO LA Hzl Y Zh DEL LUGAR Y VICEVERSA

Como la zona con su signo debe ser aplicado a la Hzl de un lugar para obtener la HmGr, resulta sencillo determinar la HmGr con los datos señalados así:

$$\begin{aligned} \text{HmGr} &= \text{Hzl} + \text{Zh} \\ \text{Hzl} &= \text{HmGr} - \text{Zh} \end{aligned}$$

Al resolver las ecuaciones anteriores habrá que tener cuidado con los signos de la zona.

#### 7.16 ADELANTO O ATRASO DE LA HORA CON EL CAMBIO DE LONGITUD

El instante en que el centro del sol medio cruza el meridiano de un lugar es mediodía (12.00 hrs.). Todos los lugares situados al E del Sol ya han pasado el mediodía, en cambio para los que están al W la hora es "anterior al mediodía". En consecuencia si un buque navega con cualquier rumbo hacia el E, deberá adelantar sus relojes para colocarlos a la hora. En cambio si navega hacia el W, deberá atrasar los relojes para colocarlos a la hora.

#### 7.17 CAMBIOS DE HORA EN NAVEGACION

En la mar, los buques regulan sus relojes, normalmente, por la hora de la zona en la cual navegan, adelantándolos o atrasándolos según el sentido que llevan (nunca los cronómetros). Si el buque navega al E, se adelantarán los relojes 1 hora al pasar de una zona a otra. Y si el buque navega al W, se atrasarán 1 hora al pasar de una zona a otra.

Cuando el buque cruce el meridiano límite de una zona, el navegante debe informar al Comandante o Capitán de la nave para que éste disponga el adelanto o atraso de una hora en los relojes de acuerdo con el rumbo.

Al cambiar la hora también hay que hacer dicha alteración en todos los instrumentos registradores de a bordo, como asimismo el navegante tendrá cuidado de considerar en los cálculos de la estima los cambios que se hayan hecho en los relojes en el intervalo que se calcule.

Debe tenerse presente que un instante cualquiera, se halla totalmente definido por la hora zona, la zona y la fecha. Luego todo hecho debe ir acompañado siempre de la hora, fecha y zona.



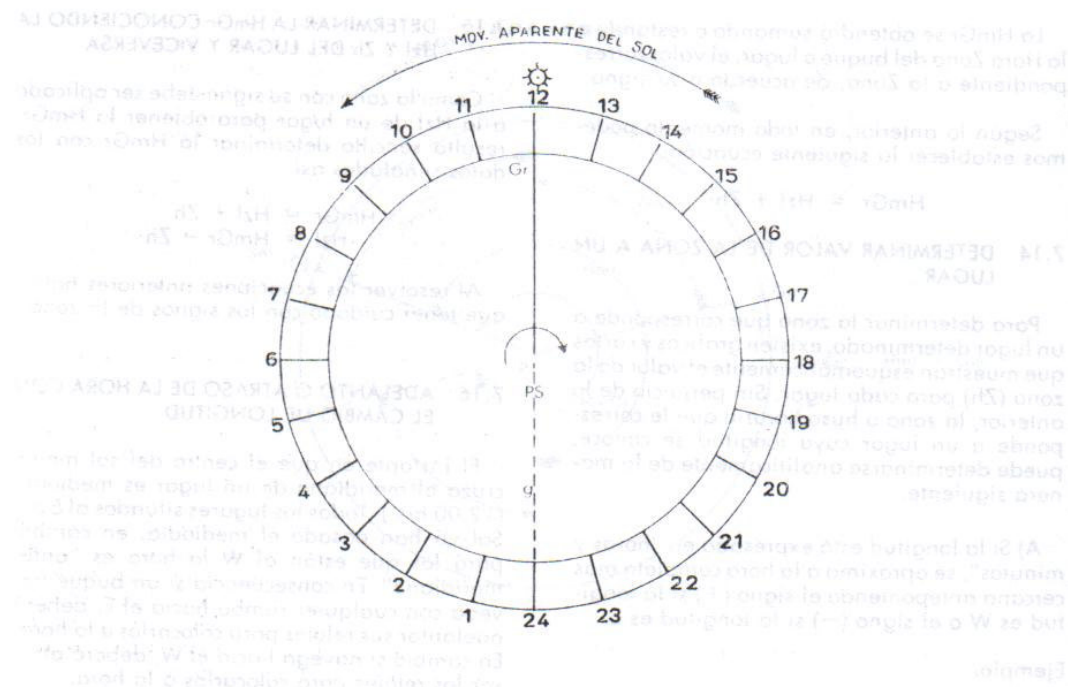


Figura 7.18

### 7.18 LA FECHA Y EL MERIDIANO 180°.

En la figura 7.18 se muestra la tierra vista desde el polo sur y se ha dibujado el meridiano de Greenwich (0°), el meridiano 180° (g) y los meridianos centrales de todos los husos o zonas restantes. Además se ha puesto que el Sol medio está en ese instante, sobre el meridiano de Greenwich.

Supongamos que la fecha en Greenwich sea el 5 de Mayo. Podemos decir entonces que en ese instante son en Greenwich,  $HmGr = 12$  horas del 5 de Mayo. En este mismo instante la hora media en los demás meridianos centrales será la indicada en la figura y la fecha será la misma; es decir 5 de Mayo.

En el meridiano 180° serán las 24 horas del día 5 de Mayo y es el instante justo en que, en ese meridiano va a empezar el día 6 de Mayo. Se ve claramente que hay una diferencia de 24 horas entre un lado y otro del meridiano 180°, es decir, un día.

Esto explica la razón por la cual un buque que navega en dirección Weste debe aumentar su fecha en un día cuando cruza el meridiano 180° y disminuirla en un día si lo cruza navegando en dirección Este.

En otras palabras, al cruzar el meridiano 180° se suma un día a la fecha cuando se navega hacia el Weste y se la resta uno cuando se navega hacia el Este.

El meridiano 180° es conocido también con el nombre de "Línea Internacional de cambio de fecha", la que ha sido trazada en las cartas de zonas horarias por acuerdo internacional siguiendo el sentido general de dicho meridiano. Esta línea constituye la separación de las longitudes Este y Weste.

#### EJEMPLO.

El 5 de Mayo a las 24 horas de Greenwich navegando al W, un buque cruza el meridiano 180°. En este caso el buque pasa de zona +12 hrs. a zona -12 hrs. Luego tendremos:

$$Hzi = HmGr - Zh.$$

|          | h  | m  |                                   |
|----------|----|----|-----------------------------------|
| $HmGr =$ | 24 | 00 | (5 May.)                          |
| $-Zh =$  | 12 | 00 | (Zh + 12).                        |
| $Hzi =$  | 12 | 00 | (5 May.) Antes cruzar merid. 180° |

|        | h   | m  |                                |
|--------|-----|----|--------------------------------|
| HmGr = | 24  | 00 | (5 mayo)                       |
| -Zh =  | +12 | 00 | (Zh - 12)                      |
| Hzi =  | 12  | 00 | (6 mayo) Después cruzar merid. |

Luego navegando al W se suma un día a la fecha cuando se cruza el meridiano 180°.

Supongamos el mismo caso, pero navegando al E.

|        | h   | m  |                              |
|--------|-----|----|------------------------------|
| HmGr = | 24  | 00 | (5 mayo)                     |
| -Zh =  | +12 | 00 | (Zh - 12)                    |
| Hzi =  | 12  | 00 | (6 mayo) Antes cruzar merid. |

|        | h   | m  |                                |
|--------|-----|----|--------------------------------|
| HmGr = | 24  | 00 | (5 mayo)                       |
| -Zh =  | -12 | 00 | (Zh + 12)                      |
| Hzi =  | 12  | 00 | (5 mayo) Después cruzar merid. |

Luego navegando al E se resta un día a la fecha al cruzar el meridiano 180°.

### 7.19 HORA ESTANDAR U OFICIAL

Se define como hora que usa un país o una localidad y por la cual se rige la vida civil. Es la hora que deben tener los relojes y que es anunciada, periódicamente, a través de emisoras locales o por el organismo oficial especialmente encargado de ello. En Chile, la hora oficial es difundida y controlada por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, en su carácter de autoridad oficial del Estado.

La hora oficial puede coincidir con la hora zona, pero muchas veces difiere de ella por razones tales como:

a) Disposiciones gubernamentales que ordenen regirse por la Hm de tal o cual meridiano, o de tal o cual huso o zona. En Chile, está establecido como hora oficial permanente la Hm del meridiano 60° W, es decir, la Hora Zona del huso horario de Zona + 4. Nuestra hora está atrasada con respecto a la de Greenwich en 4 horas y está adelantada en 1 hora, con respecto a la hora zona que nos correspondería ocupar en nuestro territorio, la zona + 5.

b) Por irregularidades de contornos, algunos estados o provincias pertenecen a un huso horario y el resto a otro. Esto obliga a la estandarización

de la hora, estableciendo una hora oficial para todo el Estado; tal como sucede, por ejemplo en los EE.UU. También, cuando un grupo de islas pertenecientes a una misma comunidad, hay una que otra en "huso" distinto, se dicta un decreto de unificación de la hora.

c) Algunos países, como Chile, durante los meses de verano adelantan 1 hora sus relojes, estableciéndose la llamada "Hora Oficial de Verano". La razón de este cambio es el mejor aprovechamiento de la luz del día en las actividades civiles.

d) En tiempo de guerra se estandariza la hora, lo que pasa a llamarse "Hora de Guerra".

e) Por último, hay algunas localidades del globo cuyas horas civiles no difieren horas exactas con la de Greenwich.

De todo lo anterior se desprende que, así como es muy simple determinar la hora zona de un lugar, es imposible determinar su hora oficial si no se conocen las disposiciones legales que la rigen. Lo que obliga al oficial de navegación a estar en conocimiento oportuno, antes de la recalada a un puerto.

También se ve claramente la utilidad de la Hora Zona que evita las confusiones producidas por las horas civiles, puesto que tiene carácter internacional.

### 7.20 INTERCONVERSION DE HORAS

El problema de la interconversión de horas es frecuentemente empleado en navegación. Es necesario, por lo tanto, tener un claro concepto de la relación que existe entre ellas. El oficial de navegación debe recordar el principio básico y que repetiremos aquí: "el Sol nace por el E y se pone por el W", cruzando todos los meridianos en sucesión con su movimiento.

Si consideramos dos lugares situados en dos longitudes diferentes, el Sol "cruza" el meridiano del lugar más al E antes que lo haga por el de más al W. Por lo tanto, la hora del lugar más al E, está "adelantado" o es más grande que la del lugar de más al W. La hora media del lugar la define la "longitud del buque", mientras que la hora zona la define la "longitud del meridiano central de la zona en que se navega".

Es evidente, entonces, que si un buque está exactamente en el meridiano central de una zona, la hora media del lugar y la hora zona son idénticas en valor.



A continuación damos varios ejemplos tipos de interconversión de horas, pero el navegante debe resolver cada caso, pasando siempre por la HmGr. Aparentemente puede ser más largo, pero en su procedimiento y resultado puede estar seguro.

Entonces:

$$\text{HmGr} = \text{Hml} + \text{Gw} (- \text{GE})$$

$$\text{Hml} = \text{HmGr} - \text{GW} (+ \text{GE})$$

Ejemplo 1.-

El 17 de Agosto en un lugar de GA =  $124^{\circ} 17' \text{ E}$  son las Hml = 04h 20m 00s.

¿Que hora es en un lugar de GB =  $160^{\circ} 55',5 \text{ W}$ ?

Solución:

|       | h  | m  | s  |           |
|-------|----|----|----|-----------|
| Hml A | 04 | 20 | 00 | (17 Ago.) |
| -GA   | 08 | 17 | 08 | E         |
| HmGr  | 20 | 02 | 52 | (16 Ago.) |
| -GB   | 10 | 43 | 42 | W.        |
| Hml B | 09 | 19 | 10 | (16 Ago.) |

Ejemplo 2.-

En un lugar A cuyo GA =  $138^{\circ} 53' \text{ W}$ . son la Hml = 21h 17m 14s del 14 Septiembre. ¿Qué Hml será en un lugar B con GB =  $111^{\circ} 47' \text{ E}$ ?

|       | h  | m  | s    |           |
|-------|----|----|------|-----------|
| Hml A | 21 | 17 | 14,0 | (14 Sep.) |
| +GA   | 09 | 15 | 32,0 | W.        |
| HmGr  | 06 | 32 | 46,0 | (15 Sep.) |
| +GB   | 07 | 27 | 08,0 | E.        |
| Hml B | 13 | 59 | 54,0 | (15 Sep.) |

Ejemplo 3.-

Un buque al ancla en San Diego, Zona +8; recibe orden de fondear en Yokohama, Zona -9, a mediodía del 20 de Octubre, haciendo viaje a 15 nudos y tomando un resguardo de 6 horas ¿Qué fecha y hora debe zarpar de San Diego? Distancia entre San Diego y Yokohama = 4245 millas.

$$\begin{aligned} \text{HmGr} &= \text{Hzl} + \text{Zh} \text{ y } \text{Hzl} = \text{HmGr} - \text{Zh} \\ \text{Duración del viaje} &= 4245 : 15 = 283 \text{ horas} \\ \text{Resguardo} &= 6 \text{ horas} \\ \text{Duración total} &= 289 \text{ horas} \\ &= 12 \text{ días } 01 \text{ hora} \end{aligned}$$

Recalada Yokohama

|      | h   | m  |         |
|------|-----|----|---------|
| Hzl  | 12  | 00 | 20 Oct. |
| Zh   | -09 | 00 |         |
| HmGr | 03  | 00 | 20 Oct. |

|                | h   | m  |             |
|----------------|-----|----|-------------|
| HmGr recalada  | 03  | 00 | del 20 Oct. |
| Duración Viaje | 01  | 00 | 12 días     |
| HmGr Zarpe     | 02  | 00 | del 8 Oct.  |
| Zh             | +08 | 00 |             |
| Hzl Zarpe      | 18  | 00 | del 7 Oct.  |

Ejemplo 4.-

El 5 de Junio a la Hzl 0200 un buque navega al  $080^{\circ}$  verdadero y está en GA =  $178^{\circ} 45' \text{ E}$ . Nueve horas más tarde está en GB =  $179^{\circ} 10' \text{ W}$ . ¿Cuál es la Hzl y fecha?

|           | h   | m  |            |
|-----------|-----|----|------------|
| Hzl       | 02  | 00 | (5 Jun.)   |
| Zh        | -12 | 00 |            |
| HmGr      | 14  | 00 | (4 Jun.)   |
| Intervalo | 09  | 00 |            |
| HmGr      | 23  | 00 | (4 Jun.)   |
| -Zh       | 12  | 00 |            |
| Hzl       | 11  | 00 | del 4 Jun. |

Ejemplo 5.-

El 28 de Noviembre a la Hzl 0500, navega Rv 100 en LA =  $20^{\circ} \text{ S}$  y GA =  $105^{\circ} 32' \text{ W}$ . 15 horas más tarde está en LB =  $20^{\circ} 25' \text{ S}$ . y GB =  $91^{\circ} 51' \text{ W}$ . ¿Cuál es la Hzl y fecha del instante?

|           | h   | m  |             |
|-----------|-----|----|-------------|
| Hzl       | 05  | 00 | del 28 Nov. |
| +Zh       | +07 | 00 |             |
| HmGr      | 12  | 00 | (28 Nov.)   |
| Intervalo | 15  | 00 |             |
| HmGr      | 27  | 00 | (28 Nov.)   |
| Zh        | 06  | 00 |             |
| Hzl       | 21  | 00 | del 28 Nov. |

## 7.21 SISTEMA UNIVERSAL COORDINADO DE TIEMPO.

El Tiempo Universal está definido por el movimiento de rotación de la Tierra y determinado por el movimiento diurno aparente de las estrellas.

Debido a las variaciones en la velocidad de rotación y en la localización del polo de rotación

de la Tierra, la medición del tiempo no es rigurosamente uniforme e incluso difiere según el lugar donde haya sido observado.

Internacionalmente ha sido adoptado el meridiano de Greenwich como el meridiano de referencia del tiempo universal.

Después de algunas variaciones en la adopción de las escalas de tiempo, el desarrollo de los relojes electrónicos atómicos de cesio permitió controlar las variaciones del tiempo con una exactitud de un microsegundo al día.

Esto trajo por consecuencia la necesidad de coordinar universalmente la emisión de las señales horarias y patrones de frecuencia, como también efectuar los ajustes periódicos correspondientes, lo que determinó adoptar la Hora Universal Coordinada (UTC) que se define como el tiempo dado por un reloj de precisión de marcha uniforme.

El Bureau Central de L'iers, en París (BCI), es el organismo rector de este sistema, cuyo servicio dispone periódicamente los ajustes y correcciones a la UTC para que no difiera del tiempo universal (UT 1) valores superiores a 0,7 seg., con el propósito de facilitar, simplificar y uniformar el empleo de las señales de tiempo que se utilizan en la navegación, hidrografía, astronomía y demás ciencias afines.

Para una mayor información sobre el tema, debe consultarse la Publicación N° 3008 del SHOA "Radioayudas a la Navegación en la Costa de Chile".

## 7.22 CRONOMETROS

Los cronómetros son unos relojes muy precisos que llevan los buques para obtener en cualquier momento la hora del primer meridiano (HmGr) con la mayor exactitud, a fin de calcular la longitud.

El cronómetro, para las necesidades de navegación, está regulado para medir el tiempo por el sol medio, es decir que debe batir 86.400 segundos en un día medio.

Se colocan aproximadamente a la hora media de Greenwich, y una vez que se echan a andar no deben ser detenidos o alternados hasta que cumplan 2 años de uso, tiempo en que les corresponde una revisión completa en el SHOA.

Para algunas necesidades hidrográficas (observaciones de coordenadas) se usa también el

cronómetro sidéreo. Este cronómetro se diferencia del anterior en que bate 86.400 segundos en un día sidéreo. En este manual no nos ocuparemos de este tipo de cronómetro, por no usarse en navegación.

Dijimos que los cronómetros eran relojes de precisión. La máquina se encierra dentro de una caja cilíndrica de metal, en una de cuyas bases se halla la esfera, cubierto por un vidrio atornillado y en la otra un pequeño orificio que se corresponde con el eje del huso, para introducir la llave y dar cuerda al cronómetro. Este orificio se cierra automáticamente tan pronto como se retira la llave, para evitar que entre polvo al interior.

La esfera tiene disposición análoga a la de los relojes ordinarios, pero además lleva otra pequeña muestra, donde se registran con un índice las horas transcurridas desde el instante en que se dio cuerda por última vez.

El cronómetro viene estibado dentro de una caja de madera, suspendido en ella mediante una suspensión "Cardán", con el objeto de sustraerlo, en lo posible, de los movimientos del buque.

Ordinariamente se introduce esta caja dentro de otra de mayores dimensiones para trasladar el cronómetro del buque a tierra o viceversa, llamada "caja de transporte", que se halla forrada en su interior con almohadillas rellenas de algodón o aserrín seco y así se consigue que los choques o golpes se comuniquen con menor intensidad al mecanismo.

Los golpes del segundero los ejecuta cada 0,5 seg.

## 7.23 TRANSPORTE DE LOS CRONOMETROS

En los transportes deberá tenerse la precaución de no comunicar a los cronómetros movimientos bruscos; sobre todo se evitarán con el mayor cuidado, las circulares alrededor de su eje vertical, pues estos tienen gran influencia sobre las oscilaciones del volante y perturban la marcha del instrumento. En efecto, si el movimiento giratorio coincide con el del volante, sus oscilaciones podrán disminuir y aun paralizar el cronómetro; y si el movimiento es opuesto las oscilaciones aumentarán adelantando al cronómetro.

También será necesario, para estos casos, evitar los movimientos bruscos que puede producirle la suspensión "Cardán", para cuyo efecto, dentro de la caja de estiba hay una palanquita que introduciéndola en una ranura practicada en



el anillo de la suspensión y en una muesca de la que tiene el cronómetro mismo, deja todo el sistema trincado.

Si el transporte se hace por intermedio de algún vapor mercante, se confiarán en lo posible al capitán o a algún oficial, y si lo remiten por intermedio de algún buque de guerra, al oficial de navegación. En estos casos, los cronómetros se envían por lo general andando y, por lo tanto, se deberá darle cuerda cada 24 horas. El envío por mar podrá hacerse también sin cuerda. Para ponerlo en marcha se procederá conforme se explica más adelante.

Si el transporte se hace por tren, se colocará el cronómetro tan cerca como sea posible del centro del carro, estibado como sigue: Primeramente se dejará parar el instrumento. Enseguida trinca la suspensión Cardán por medio de la palanquita. Se rodea el cuerpo de la maquinaria con algodón seco cuidadosamente apretado, hecho esto, se cierra la caja con llave, amarrando ésta a una de las manillas de transporte, a fin de evitar su extravío. Finalmente se introduce el cronómetro con su caja de estiba en la caja de transporte y esta a su vez dentro de una canasta resistente, donde se estiba con algodón en ramas, especialmente en el fondo de ella. Todo este conjunto se confiará a una persona de confianza.

En el transporte en automóviles, cuando el viaje es prolongado, deben extremarse las precauciones anteriores. En trayecto corto deberá llevarse sobre mano, pero siempre trincada la suspensión.

No debe usarse nunca camiones o cualquier otro vehículo áspero.

Cuando un cronómetro se deposita para ser recorrido, debe enviarse funcionando, salvo instrucciones especiales en contrario.

#### 7.24 INSTALACION DE LOS CRONOMETROS A BORDO.

Sólo se pueden dar reglas generales sobre el modo de instalar los cronómetros a bordo, puesto que en cada caso, habría que sujetarse a las condiciones especiales de cada buque y ellas serían las siguientes:

1º) Deberá tenerse especial cuidado de evitar, en lo posible, los grandes cambios de temperatura, la humedad, las trepidaciones de las máquinas o por los disparos de artillería; sin embargo hay razones que se oponen a que se les pueda colocar en un sitio donde se vean libres de

todas estas causas de perturbación. Lo más que puede lograrse es instalarlos en las condiciones menos desfavorables. Será preciso ante todo, tratar de aislar a los cronómetros de la humedad y de las trepidaciones producidas por la máquina y el propulsor. Esta causa de perturbación es más difícil de evitar en los buques chicos.

2º) Será conveniente que el lugar elegido, no sirva de tránsito para diferentes servicios del buque, con el objeto de evitar los accidentes que pudieran sobrevenir por el descuido o torpeza de algún individuo.

3º) Con respecto a los instrumentos eléctricos o magnéticos, el cronómetro debe estar lo suficientemente alejado para no ser influenciado por ellos. Se ha comprobado que cuando las líneas de fuerza de un campo magnético son paralelas al plano del volante, se produce un máximo de efecto perturbador en tanto que si dichas líneas son perpendiculares a dicho plano, la influencia sobre el instrumento es prácticamente nula.

4º) Ninguno de los instrumentos eléctricos o magnéticos deberá estar de los cronómetros a menor distancia que la mitad de la señalada como mínima para los compases magnéticos.

5º) Los imanes para compensar compases y la balanza de escora, se colocarán tan lejos como sea posible de los cronómetros.

6º) El cronómetro en su caja de estiba se instala dentro de un armario de tamaño proporcionado. Este armario se afirma a la cubierta por medio de tornillos, procurando que no se halle en contacto con el costado, los mamparos o los muebles, para evitar todo choque o vibración que estos le comuniquen.

Al armario se le hace un alojamiento para el cronómetro, cuyas dimensiones serán algo mayores que la de la caja de estiba del instrumento. Para rellenar el espacio entre el armario y la caja del cronómetro se forra interiormente el alojamiento con un almohadillado hecho de aserrín, lana, algodón o estopa, teniendo cuidado que sea cual fuera la materia elegida, deberá ser muy seca. En el fondo se colocará una almohadilla más gruesa que las demás, pues por este sitio se recibe mayor número de trepidaciones.

7º) El cronómetro deberá entrar algo ajustado en su alojamiento, de modo que no tenga juegos, ni pueda salirse de su asiento con los movimientos que la acción del mar produce sobre el buque y se cuidará también de que pueda abrirse con comodidad para dar cuerda y para tomar la hora.



El armario debe tener doble tapa, la interior de vidrio para leer directamente sin necesidad de abrirla; consiguiendo con esto mayor uniformidad en la temperatura y menor posibilidad de entrada del polvillo; la exterior o cubierta de madera debe ser de buena calidad, que no tenga ranuras que permita la infiltración del polvo.

8º) Al colocar los cronómetros en sus calzos, conviene orientar los ejes de la suspensión cardán de modo que un eje de ella quede de proa a popa y el otro de babor a estribor.

9º) Desde que el cronómetro se instale, no se moverá de su sitio, a no ser por necesidad imperiosa.

## 7.25 DAR CUERDA A UN CRONOMETRO

Con el fin de que la marcha se mantenga lo más constante que sea posible, es importante que el intervalo durante el cual se haga trabajar el mecanismo relacionado con la cuerda sea cada día de igual duración y no entren en acción partes distintas del mecanismo. Por esta causa, deberá darse cuerda al cronómetro diariamente, a la misma hora, aunque hayan sido construidos para dos o más días de cuerda. En lo posible siempre la misma persona debe efectuar esta operación. Ellos deberán ser el oficial de navegación o su ayudante, nadie más. Para efectuar esta operación, se gira el cronómetro alrededor de la suspensión cardán hasta colocarlo con su esfera hacia abajo, tomándolo firmemente con la mano izquierda. Enseguida, se descubre el orificio de la llave para la cuerda, que está oculto por una tapa de corredera para que no entre polvo al hueco mismo, e introduciendo la llave sin brusquedad, dará cuerda haciéndolo en el sentido contrario al movimiento de los punteros suavemente con el objeto de no llegar en forma brusca a su término. Una vez dada toda la cuerda, se vuelve el cronómetro cuidadosamente a su posición normal, debiendo verificar que el indicador de cuerda marque cero, pues él indica las horas con cuerda que tiene el instrumento.

Puede llamar la atención el hecho que en la operación de dar cuerda, se haga en el sentido contrario a los movimientos de los punteros, sin que el cronómetro detenga su marcha. Pero esto se evita con un ingenioso mecanismo y un resorte llamado "auxiliar" que está siempre en tensión, mecanismo que permite seguir su marcha directa durante el breve lapso de dar cuerda. Si durante la operación de dar cuerda se detiene el cronómetro, significa que el muelle auxiliar se ha quebrado.

## 7.26 PONER EN MARCHA UN CRONOMETRO

No basta dar cuerda a un cronómetro para que éste se ponga en marcha, sino que es preciso vencer la inercia del volante. Para ello se trincará la suspensión y se sujetará el instrumento con ambas manos horizontalmente; enseguida, se le imprimirá un movimiento giratorio algo vivo alrededor de su eje vertical, pero sin brusquedad para sacar el volante del punto neutro. Puede también ponerse en marcha un cronómetro sin moverlo de donde se halle instalado, colocando su esfera en ángulo recto con el plano de suspensión y haciéndolo oscilar después alrededor de los muñones.

## 7.27 CAUSAS QUE PRODUCEN VARIACIONES EN LA MARCHA DE LOS CRONOMETROS

A) NORMALES. Son aquellos que varían en razón matemática y que son debido a los cambios de temperatura a que están expuestos y a la "edad" del aceite de los ejes y ruedas.

El aumento de la temperatura afecta de una manera especial al volante y a su resorte o espiral; aumentándole el diámetro al primero y disminuyéndole su fuerza al segundo, produciendo así un atraso ya que los movimientos del volante se harán más lentos. En cambio cuando la temperatura disminuye el efecto será contrario y por lo tanto se adelantará.

La edad de los aceites, esto es, el tiempo transcurrido, desde que se efectúa la operación de aceitar los ejes, ruedas, en general todo el mecanismo, con un aceite muy especial, cuya viscosidad varía con el uso, lo que se traduce en decrecimiento del arco de giro del volante, haciendo por lo tanto sus movimientos más rápidos, hará que el cronómetro se adelante. De aquí resulta que los cronómetros de los buques de la Armada que controla el SHOA, deben volver a este Servicio a los "dos años" de uso, fecha que figura en el certificado de entrega correspondiente.

B) ANORMALES. Se deben a varias causas:

- 1) Condiciones atmosféricas.
- 2) Magnetismo.
- 3) Movimiento del buque.
- 4) Suciedad.
- 5) Causas ignoradas.



### 1) CONDICIONES ATMOSFERICAS.

Cambios bruscos en la temperatura que forman sedimentos microscópicos de humedad en el volante, que aumentarán su inercia, atrasándolos.

### 2) MAGNETISMO.

La experiencia ha demostrado que, cuando el campo magnético de un generador es paralelo al plano del volante, el efecto es máximo, en cambio cuando es normal no lo altera. Hay tablas que dan la distancia mínima a que se deben colocar de los generadores. El magnetismo produce adelanto en el cronómetro, debido a que modifica el trabajo del espiral haciendo que las oscilaciones del volante sigan más rápidos.

### 3) MOVIMIENTO DEL BUQUE.

Se ha comprobado que el balance y cabeceo producen una ligera aceleración; en cambio el movimiento vibratorio producido por golpes de mar o por artillería los atrasa.

### 4) SUCIEDAD.

El polvillo del aire al depositarse en el mecanismo produce un adelanto, debido a que los ejes al ensuciarse no permiten que el volante haga toda su carrera, por lo tanto la reducen y en consecuencia el movimiento de vaivén del volante será más seguido.

### 5) CAUSAS IGNORADAS.

Es difícil hallar una explicación satisfactoria para estas perturbaciones, que se manifiestan en forma de "saltos" en la marcha.

Se pueden atribuir en forma general a las causas siguientes:

- a) Golpes o choques dados en el armario o muy cerca de él.
- b) Variaciones bruscas de temperatura.
- c) Mal funcionamiento en su mecanismo.
- d) Desprendimiento parcial de aceite que produzca rozamiento anormal.

En resumen, un cronómetro se adelanta con:

- 1º) Temperatura que disminuye.
- 2º) Edad de los aceites.

3º) Infiltración de polvillo.

4º) Desgastes de las piezas.

5º) Balances y Cabeceos.

Se atrasa con:

1º) Temperatura que aumenta.

2º) Humedad en el mecanismo.

3º) Vibraciones del buque.

4º) Golpes en la caja del cronómetro.

### 7.28 CRONOMETROS A CRISTAL DE CUARZO.

Este tipo de cronómetro se emplea también a bordo, siendo su exactitud tal que puede ser usado sin consideración de la marcha que no es superior a 0,01 seg. diario.

El elemento básico lo constituye un oscilador de cristal de cuarzo herméticamente encerrado en su caja.

El reloj está diseñado para funcionar durante 1 año con la energía que le proporcionan dos pilas secas, y marca la hora sobre un dial graduado concéntricamente en 24 hrs. y 60 min. o seg., con indicación del día de la semana.

Los golpes del segundero los ejecuta cada 0,5 seg.

### 7.29 ESTADOS ABSOLUTOS.

Se llama "Estado Absoluto", la diferencia en un momento dado entre la hora media de Greenwich y la hora de un cronómetro cualquiera en ese mismo instante.

Llamando HmGr a la primera, Hcr a la segunda y Ea al estado absoluto tendremos:

$$Ea = HmGr - Hcr$$

El estado absoluto, en teoría, puede ser positivo o negativo; pero como los cronómetros están graduados de cero a doce horas, y el día tiene veinte y cuatro horas se aprovecha de esta ambigüedad inevitable para establecerlo siempre positivo y menor de 12 horas. En esta forma el estado absoluto viene a representar la corrección que debe sumarse a la Hcr para tener la HmGr, pues de la relación anterior se deduce que:

$$HmGr = Hcr + Ea.$$

Por consiguiente, para hallar el valor del Ea se debe siempre tomar como minuendo la HmGr, añadiéndole 12 horas si fuese menor que Hcr.

Recíprocamente, al determinar la HmGr se le obtendrá con una ambigüedad de 12 horas lo que desaparecerá inmediatamente, calculando la HmGr con la hora media del lugar (Hml) y la longitud (G); o también conociendo la hora zona (Hzl) y la Zona (Zh) ( $HmGr = Hzl + Zh$ ).

#### Ejemplo A.

Siendo la HmGr = 11h 58m 12s, el cronómetro marca 08h 45m 22s. Hallar el Ea.

|      | h  | m  | s  |
|------|----|----|----|
| HmGr | 11 | 58 | 12 |
| -Hcr | 08 | 45 | 22 |
| EA   | 03 | 12 | 50 |

#### Ejemplo B.

Siendo la HmGr = 09h 33m 32,5s y Hcr = 10h 46m 25,5s. Hallar el Ea.

|      |    |    |      |                 |
|------|----|----|------|-----------------|
| HmGr | 09 | 33 | 32,5 | (suma 12 horas) |
| -Hcr | 10 | 46 | 25,5 |                 |
| Ea   | 10 | 47 | 07,0 |                 |

#### Ejemplo C.

Siendo HmGr = 18h 41m 34s y Hcr = 01h 10m 42,5s. Hallar el Ea.

|      | h  | m  | s                        |
|------|----|----|--------------------------|
| HmGr | 18 | 41 | 34,0                     |
| -Hcr | 01 | 10 | 42,5                     |
| Ea   | 17 | 30 | 51,5 (se resta 12 horas) |
| Ea   | 05 | 30 | 51,5                     |

#### Ejemplo D.

El 7 de abril a las 20,30 horas media lugar aproximada, siendo longitud G = 04h 40m 46,0s W; Hcr = 01h 10m 15s y el Ea = 11h 59m 59s; se desea saber la HmGr.

|         |    |    |               |
|---------|----|----|---------------|
| Hml ap  | 20 | 30 | 00,0          |
| G       | 04 | 40 | 46,0 W.       |
| HmGr ap | 25 | 10 | 46,0 (7 Abr.) |
|         | 01 | 10 | 46,0 (8 Abr.) |

|      |    |    |             |
|------|----|----|-------------|
| Hcr  | 01 | 10 | 15          |
| +Ea  | 11 | 59 | 59          |
| HmGr | 13 | 10 | 14          |
| HmGr | 01 | 10 | 14 (8 Abr.) |

#### Ejemplo E.

El 15 de septiembre a las 08.30 hora Zona aproximada, siendo la zona +4 horas, Hcr =

00h 29m 30s y Ea 11h 59m 30s; se quiere saber la HmGr.

|         |     |                 |
|---------|-----|-----------------|
| Hzl     | 08  | 30              |
| Zh      | +04 | 00              |
| HmGr ap | 12  | 30 (15 Sep.)    |
| Hcr     | 00  | 29 30           |
| Ea      | 11  | 59 30           |
| HmGr    | 12  | 29 00 (15 Sep.) |

#### Ejemplo F.

El 21 de mayo siendo Hzl = 07h 04m, Zh = -5 horas, Hcr = 05h 20m 00s, Ea = 08h 44m 40s. Hallar la HmGr.

|         |     |                   |
|---------|-----|-------------------|
| Hzl     | 07  | 04                |
| Zh      | -05 | 00                |
| HmGr ap | 02  | 04 (21 May.)      |
| Hcr     | 05  | 20 00,00          |
| Ea      | 08  | 44 40,00          |
| HmGr    | 14  | 04 40,0           |
| HmGr    | 02  | 04 40,0 (21 May.) |

### 7.30 DETERMINACION DEL Ea POR RADIOTELEGRAFIA

Vimos anteriormente que el Ea es la diferencia en un momento dado entre la HmGr y Hcr en ese mismo instante. Luego para determinar el Ea necesitamos la hora que marca el cronómetro a una hora determinada de Greenwich. Esta HmGr es transmitida en forma de señales por radiotelegrafía, cuya diferencia con el cronómetro dará el Estado Absoluto. Estas señales horarias salen al aire a ciertas HmGr y están indicadas en los "Radioayudas a la Navegación" tanto nacional como extranjeros. Casi todas duran tres o cinco minutos, lo que permite obtener varias comparaciones y, por consiguiente, una excelente media. Todas las señales horarias transmitidas por las radioestaciones de la Armada de Chile, son originadas en la Estación Horaria del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, cuya transmisión es automática.

Durante la transmisión de la señal horaria, las radioestaciones de buques y costeras deben suspender todas sus transmisiones, a fin de evitar cualquier interferencia que puede dar origen a un error.

### 7.31 SEÑAL HORARIA DEL SHOA

La señal horaria chilena que está destinada a los usos científicos y de navegación, se origina en los relojes electrónicos atómicos de cesio de la Estación Horaria del SHOA; Servicio que constituye la autoridad oficial del Estado en el control y difusión de la Hora Oficial de Chile y de señales horarias para fines de navegación.



Los horarios, frecuencias y demás características de nuestra señal horaria, están indicados en la publicación N° 3008 "Radioayudas a la Navegación en la Costa de Chile", editada por el SHOA. Dicha señal que se transmite con una exactitud de un millonésimo de segundo, debe ser empleada especialmente para determinar estados absolutos de cronómetros y demás usos hidrográficos y de navegación.

### 7.32 SISTEMAS EMPLEADOS

Los sistemas empleados en Chile para transmitir la señal horaria por radio, son los siguientes:

- a) Sistema Americano Moderno.
- b) Sistema Internacional Modificado.

#### A) SISTEMA AMERICANO MODERNO

Lo emplea el SHOA en su señal horaria que emite por intermedio de radioestaciones de la Armada.

El tiempo de duración total de la señal es de 5 minutos, empezando a los 55 minutos exactos de la hora. Cada segundo es indicado por un "tic" de 0,3 seg., excepto el segundo 29 de cada minuto el cual se omite para indicar que el próximo "tic" corresponde al medio minuto exacto. También en los primeros cuatro minutos de la emisión se omiten los "tic" de los segundos 56 al 59 inclusivos, correspondientes a los minutos 55, 56, 57 y 58; y en el minuto 59 se omiten los últimos 9 "tic" de los segundos 51 al 59 inclusivos. Este silencio precede a la señal final que consiste en un "tic" de 1 seg. de duración, cuyo comienzo indica la hora entera.

Los cuatro primeros minutos de la emisión se diferencian entre sí de la siguiente manera:

En el minuto 55 se suprime el "tic" del segundo 51.

En el minuto 56 se suprime el "tic" del segundo 52.

En el minuto 57 se suprime el "tic" del segundo 53.

En el minuto 58 se suprime el "tic" del segundo 54.

En esta forma el número de "tic" que se escuchan en el grupo final durante los cuatro primeros minutos de la emisión, va indicando la cantidad de minutos durante los cuales continuará la transmisión de la señal.

#### B) SISTEMA INTERNACIONAL MODIFICADO

Este sistema consiste en una transmisión de 3 minutos de duración en el transcurso de la cual se transmite un punto por cada segundo. Cada minuto exacto es indicado por el comienzo de una raya de un segundo de duración.

La hora entera correspondiente al final del tercer minuto, se indica con el comienzo de una raya de tres segundos de duración, siendo su principio el instante exacto de la hora.

### 7.33 TRANSMISION POR INTERMEDIO DE RADIOEMISORAS COMERCIALES

1) En Chile se transmite la señal horaria originada en los relojes electrónicos de cesio del SHOA, destinada a los usos científicos, de navegación y civil, en los horarios y frecuencias que más adelante se indican, con una exactitud que alcanza a la millonésima de segundo.

#### RADIOESTACIONES QUE EMITEN SEÑALES HORARIAS

Radioestación Marítima:

VALPARAISO, PLAYA ANCHA RADIO (CBV).

Frecuencias simultáneas: 4228 - 8677 KHz.

Tipo: A2A.

Horarios: 0055 a 0100

1155 a 1200

1555 a 1600

1955 a 2000 UTC.

Todas las horas en:

148,125 MHz. (FM).

Sistema: Americano Moderno.

Origen: Relojes electrónicos de cesio del SHOA.

Radioemisoras comerciales:

1. Radio Cooperativa - (CB-73)

Valparaíso.

Frecuencia: 730 KHz.

2. Radio Agricultura - (CB-97)

Valparaíso.

Frecuencia: 970 KHz.

3. Radio Recreo - (CB-108)

Viña del Mar.

Frecuencia: 1080 KHz.

4. Radio Festival - (CB-127)  
Viña del Mar.  
Frecuencia: 1270 KHz.
5. Radio Sistema Nacional - (CB-134)  
Valparaíso.  
Frecuencia: 1340 KHz.

Tipo de emisión: A3E.

Horarios: Los 3 últimos segundos de cada hora, y de 1157 a 1200, hora local.

Sistema: Internacional Modificado.

Origen: Relojes electrónicos de cesio del SHOA.

### 7.34 MARCHA DE UN CRONOMETRO

Anteriormente manifestamos que un cronómetro medio bate 86.400 segundos en un día medio. En la práctica, debido a los errores normales y anormales batan una cantidad que difiere de este número, ya sea por exceso o defecto y el cronómetro se adelantará en el primer caso o se atrasará en el segundo. El navegante puede determinar exactamente este adelanto o atraso comparando los "estados absolutos"; de aquí que "marcha" de un cronómetro es lo que varía el Ea diariamente con el signo que permite determinar el futuro; en otras palabras es la diferencia entre dos Ea de un cronómetro dividido por el lapso transcurrido. Esta diferencia se llama "marcha acumulada" y el lapso se denomina "época".

En puerto es conveniente determinar el Ea cada cinco días y navegando diariamente.

| 10 Oct.      |         |         |                    |
|--------------|---------|---------|--------------------|
|              | h       | m       |                    |
| Hzi =        | 18      | 25      |                    |
| Zh =         | -09     | 00      |                    |
| HmGr =       | 09      | 25      | (10 Oct.)          |
|              | 18 Oct. | HmGr =  | 16 45              |
|              | 10 Oct. | HmGr =  | 09 25              |
| Epoca        | 8 días  |         | = 07 20 = 8,3 días |
|              | ma      | + 17,50 |                    |
| Entonces M = | época   | 8,3     | = + 2,10 segundos  |

### 7.35 MODO DE OPERAR CON EPOCAS

Para determinar una buena marcha, la época debe deducirse tomando en cuenta los días con sus décimos transcurridos: si el Ea ha sido determinado en distintos lugares debe considerarse, además, la diferencia en longitud entre ellos. La "marcha acumulada" dividida por la "época" da la marcha del cronómetro. La manera más simple de obtener buena "época" es operando con HmGr. Esto es, tomando el lapso transcurrido entre las HmGr en que se tomó cada uno de los Ea, con sus fechas; este procedimiento evita toda confusión por concepto de longitudes, horas oficiales, zona, etc.

Resumiendo:

MARCHA ACUMULADA (ma) es lo que ha variado el estado absoluto de un cronómetro en una época.

EPOCA es el tiempo transcurrido en Greenwich entre dos estados absolutos, se expresa al décimo de día. Luego marcha

$$m = \frac{ma}{\text{época}}$$

### 7.36 EJEMPLO DE CALCULO DE MARCHA

El 10 de octubre a la Hzi = 1825, Zh = -9 horas se obtuvo Ea = 03h 14m 57s.

El 18 de octubre a la Hzi = 0645, Zh = +10 horas se obtuvo Ea = 03h 15m 14,5s. Calcular la marcha.

| 18 Oct. |      |            |           |
|---------|------|------------|-----------|
|         | h    | m          |           |
| Hzi =   | 06   | 45         |           |
| Zh =    | +10  | 00         |           |
| HmGr =  | 16   | 45         | (18 Oct.) |
|         | Ea = | 03 15 14,5 |           |
|         | Ea = | 03 14 57,0 |           |
|         | ma = | + 17,50    |           |



### 7.37 ESTADO ABSOLUTO EXACTO EN CUALQUIER MOMENTO.

El estado absoluto es exacto sólo para el instante que se determina, debido a que la marcha lo hace variar constantemente si es notable; y permanecerá casi constante si es insignificante;

de aquí que el Ea debe ser corregido para el instante que se desea. Por ejemplo: el 25 de Enero, el último top de una señal horaria correspondió a las 02h 06m 24s del cronómetro, correspondiendo dicho top a las 0100 horas de Greenwich. Se pide calcular el Ea para el día 25 de Enero a las 1200 horas de Greenwich, sabiendo que su marcha es  $= -3,2$  segundos.

$$\begin{array}{rcl}
 \text{HmGr} & = & 01 \ 00 \ 00.00 \text{ (25 Ene.)} \\
 -\text{Hcr} & = & 02 \ 06 \ 24.00 \\
 \text{Ea} & = & 10 \ 53 \ 36.00 \text{ (para HmGr = 0100 del 25)} \\
 \\ 
 \text{ma} & = & \frac{-3,2 \times 11}{24} = -1,47 \text{ (Marcha acumulada en 11 horas)} \\
 \\ 
 \text{Ea} & = & 10 \ 53 \ 34,5 \text{ (para HmGr = 1200 del 25)}
 \end{array}$$

### 7.38 COMPARADORES.

Hemos manifestado los inconvenientes de mover el cronómetro del lugar en que se encuentra estibado a bordo; luego para tomar la hora en una observación astronómica, cuando no está en las proximidades del cronómetro, o bien determinar Ea de ellos cuando no hay dispositivo radiotelegráfico en sus proximidades para hacerlo directamente; será preciso valerse de otros relojes

como intermediarios, a los cuales no se exige la regularidad de marcha que es indispensable en un buen cronómetro. Estos relojes se llaman Comparadores, son semejantes a los cronómetros y por lo general sus segundos batan 25 golpes cada 10 segundos, es decir, cada batida corresponde a 0,4 segundos. Para facilitar la anotación de sus lecturas es práctico colocar en la tapa interior de estos instrumentos una tablilla con los batidos y los segundos que corresponden de 0 a 24 como sigue:

| Golpes | Segundos | Golpes | Segundos | Golpes | Segundos |
|--------|----------|--------|----------|--------|----------|
|        | s        |        | s        |        | s        |
| 1      | 0,4      | 9      | 3,6      | 17     | 6,8      |
| 2      | 0,8      | 10     | 4,0      | 18     | 7,2      |
| 3      | 1,2      | 11     | 4,4      | 19     | 7,6      |
| 4      | 1,6      | 12     | 4,8      | 20     | 8,0      |
| 5      | 2,0      | 13     | 5,2      | 21     | 8,4      |
| 6      | 2,4      | 14     | 5,6      | 22     | 8,8      |
| 7      | 2,8      | 15     | 6,0      | 23     | 9,2      |
| 8      | 3,2      | 16     | 6,4      | 24     | 9,6      |

Existen también comparadores de construcción parecida a los relojes de bolsillo, pero no son exactos por la dificultad de precisar un instante determinado. Pueden servir así mismo como comparadores, los cronómetros que a consecuencia de su mucho uso, sólo sirven para desempe-

ñar este servicio. En general un reloj que bata los segundos y cuya marcha puede considerarse uniforme en pequeños intervalos, llenará cumplidamente el objeto propuesto, tal como son los cronógrafos.

### 7.39 COMPARACION

Determinadas las horas que en un mismo momento marcan el cronómetro y el comparador, la diferencia de ambos será lo que uno de ellos esté adelantado o atrasado con respecto al otro. Esta cantidad se llama "Comparación" y sirve para pasar de una a otra según se desee.

Cuando se vaya a efectuar una observación astronómica, o se vaya a determinar el estado absoluto a un cronómetro, con ayuda de un comparador, es absolutamente necesario proceder, inmediatamente antes o después, a comparar el cronómetro con el comparador o reloj que se use. Para ello, una persona anota la hora y minutos justos que marcará el "cronómetro" cuando su segundero pasa por los 60 segundos. Otra persona que habrá seguido con atención los punteros del comparador observará los segundos que éste vaya marcando. Al pasar el segundero del cronómetro por el 60, la persona encargada dirá "top" y la del comparador anotará los segundos, minutos y hora en ese momento y en el mismo orden indicado ya que por la rapidez que se mueve el segundero, puede haber equivocaciones. En estas comparaciones se considera siempre como minuyendo la hora del cronómetro y como sustraendo la del comparador. Si la primera es menor que la segunda se agregarán 12 horas a la primera. De este modo la comparación resultará "siempre positiva y menor de 12 horas".

Podemos decir entonces que comparación es el tiempo que hay que agregar a la hora del comparador para tener la hora cronómetro.

La operación de comparar, también puede practicarse por una sola persona. Para ello se colocará el comparador al lado del cronómetro, teniendo la precaución que la caja de estiba del cronómetro esté cerrada, pero con la tapa de vidrio a la vista para observar la esfera, esto con el objeto que no se oiga el cronómetro, pero si se oiga el batir del comparador. En esta forma la persona fijará la vista en el cronómetro y la cuenta de los segundos del comparador lo llevará por oído a través de los golpes del segundero.

Ejemplo:

A la hora cronómetro 10h 25m 00s el comparador marcaba 06h 29m 38,4s; determinar la comparación.

|       | h  | m  | s    |
|-------|----|----|------|
| Hcr = | 10 | 25 | 00,0 |
| Hcp = | 06 | 29 | 38,4 |
| cp =  | 03 | 55 | 21,6 |

Ejemplo:

En el momento del top, el comparador marcó 11h 04m 43,2s; siendo 01h 02m 00s la hora del cronómetro correspondiente, se pide la comparación.

Se agregan 12 horas a la Hcr por ser menor que Hcp.

|       | h  | m  | s    |
|-------|----|----|------|
| Hcr = | 13 | 02 | 00,0 |
| Hcp = | 11 | 04 | 43,2 |
| cp =  | 01 | 57 | 16,8 |

Ejemplo:

El 13 de septiembre a mediodía se toma señal horaria en Valparaíso con "comparador", dando el top final de la señal a la Hcp = 11h 57m 26s. Al comparar se tiene Hcr = 04h 06m 00s y Hcp 12h 02m 48s. HmGr de la señal = 16h 00m.

|                  | h      | m  | s     |
|------------------|--------|----|-------|
| (Suma 12 horas)  | Hcr =  | 04 | 06 00 |
|                  | Hcr =  | 16 | 06 00 |
|                  | Hcp =  | 12 | 02 48 |
|                  | cp =   | 04 | 03 12 |
| (Al top final)   | Hcp =  | 11 | 57 26 |
|                  | Hcr =  | 16 | 00 38 |
|                  | HmGr = | 16 | 00 00 |
| (menos 12 horas) | Hcr =  | 04 | 00 38 |
|                  | Ea =   | 11 | 59 22 |

Ejemplo: Se tomó señal horaria correspondiente a la HmGr = 16h 00m, dando el top final de la señal a la Hcp = 12h 05m 26s.

Al comparar se tiene Hcr = 10h 40m 00s. Hcp = 07h 28m 41,6s. Se pide el Ea.

|        | h  | m  | s    |
|--------|----|----|------|
| Hcr =  | 10 | 40 | 00,0 |
| Hcp =  | 07 | 28 | 41,6 |
| cp =   | 03 | 11 | 8,4  |
| Hcp =  | 12 | 05 | 26,0 |
| Hcr =  | 15 | 16 | 44,4 |
| HmGr = | 16 | 00 | 00,0 |
| Ea =   | 00 | 43 | 15,6 |



#### 7.40 ENTREGA DE CRONOMETROS Y COMPARADORES

El Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada está encargado de la mantención de los cronómetros y comparadores a los buques de la Armada.

Para este efecto, los buques formulan por escrito los respectivos pedidos con la debida oportunidad, teniendo en cuenta la necesidad de recibirlos a bordo con anterioridad al zarpe, a fin de que la marcha del cronómetro sea suficientemente conocida y se haya estabilizado en su nueva instalación. El valor de esta marcha será generalmente distinto del que tenía el instrumento antes de abandonar el Servicio mencionado. Cada cronómetro se envía en su caja de transporte, con las precauciones ya señaladas, acompañado de un certificado que contenga los siguientes datos:

- a) Marca y número del cronómetro.
- b) Estado Absoluto con expresión del día y la hora media de Greenwich a que corresponde.
- c) Marcha diaria con su signo.
- d) Fecha de la última recorrida.
- e) Fecha del certificado y firma del Jefe.

#### 7.41 CUIDADOS DEL CRONOMETRO A BORDO

Encontrando el sitio conveniente para la estiba del cronómetro, se dispone de manera que quede en el centro del mueble-armario. Dentro de dicho mueble se coloca un termómetro de máxima y mínima, que sirve para medir la temperatura media a que ha estado sometido cada día. Esta anotación es práctica hacerla en el momento de dar cuerda y luego bajar los índices corredizos.

El termómetro se colocará en posición vertical dentro del mueble, pues de lo contrario puede resultar una lectura incorrecta por separación de la columna mercurial. El imán del termómetro de máxima y mínima se mantendrá fuera del mueble y nunca a una distancia menor a un metro.

El oficial de navegación o su ayudante deberá dar cuerda a los cronómetros diariamente a mediodía.

En puerto, deberá determinársele por lo menos cada cinco días el Ea y marcha; navegando, todos los días.

Está estrictamente prohibido meter mano en el mecanismo de los cronómetros, como asimismo mover sus punteros.

El oficial de navegación debe tener presente que a los dos años de uso de un cronómetro a cuerda, corresponde su revisión, recorrida y el cambio de aceites.

A los cronómetros a cristal de cuarzo les corresponde el cambio de pilas secas y revisión a los ocho meses de funcionamiento, operación que se hace sólo en el SHOA.

Los buques grandes y las naves en viaje al extranjero, deben tener a bordo un juego de dos cronómetros, debiendo llevar separadamente sus estados absolutos y marchas correspondientes.

Recordar que nunca deben guardarse los imanes correctores de los compases en las proximidades de los cronómetros.

Después que un buque ha empleado su artillería, tome cuanto antes señal horaria para determinarles Estados Absolutos a sus cronómetros.

## CAPITULO VIII

### LOXODROMICA Y ORTODROMICA

Definiciones y propiedades - Loxodrómica, métodos para llevar y calcular la estima - Empleo de la tabla del punto - Cálculo de la loxodrómica - Loxodrómicas mayores de 600 millas - Corrientes y su corrección - Ortodrómica, trazado en las cartas y métodos de cálculo - Navegación mixta o compuesta.

#### 8.00 DEFINICIONES Y PROPIEDADES.

En el párrafo 1.00 del capítulo I, se mencionó que según sea la derrota que siga un buque ella puede ser loxodrómica u ortodrómica, indicándose además sus características generales.

También, en el capítulo II "cartas de navegación", aparecen algunos conceptos fundamentales de la loxodrómica y ortodrómica.

Así, sabemos que los meridianos en una carta de proyección Mercator están dibujados paralelamente entre sí. Luego, si unimos por una recta dos puntos situados en una de estas cartas, la línea que los une formará ángulos iguales con los meridianos y como este ángulo resulta que también es el rumbo, se tendrá la ventaja al navegar siguiendo esta línea, que la dirección de la proa será la misma durante toda la travesía. La línea de rumbo así trazada, se le llama también "Loxodrómica".

Pero, la realidad es que, los meridianos convergen hacia los polos; luego al mantener el valor del ángulo de rumbo en la tierra, la loxodrómica irá avanzando en espiral alrededor de ésta hacia el Polo sin seguir el círculo máximo excepto aquellas cuyos rumbos sean  $000^\circ$  --  $090^\circ$  -  $180^\circ$  ó  $270^\circ$ , pero nunca llegaría a coincidir con el Polo y como la distancia más corta entre

dos puntos de la esfera terrestre es el arco de círculo máximo que pasa por ellos, resulta que la loxodrómica no es la distancia más corta. Esto, en distancias pequeñas, no es un inconveniente y, como hasta el momento, el compás es el único medio de llevar el rumbo, la loxodrómica es el más cómodo método de navegación. Si navega el buque por el círculo máximo que une el punto de salida con el de llegada, diremos que el buque navega por "ORTODROMICA" y en este caso el buque hace su recorrido por el camino más corto, pero la dirección de su proa formará ángulos desiguales con los meridianos; lo que obligará a realizar continuos cambios de rumbo.

#### 8.01 LOXODROMICA.

En la figura 8.01, "A" es el punto de salida y "B" el de llegada, la curva ACDEB es la loxodrómica entre los dos puntos, luego los ángulos en A-C-D-E-B son iguales y es el Rumbo Loxodrómico entre A y B.

La magnitud de la curva entre A y B se llama "Distancia Loxodrómica" y se expresa en millas. La navegación por loxodrómica puede llevarse "gráficamente" en las cartas de proyección Mercator; o bien, por el cálculo mediante las "Fórmulas de la Estima".

Debe recordarse que para fines de navegación, la superficie de la tierra se considera plana hasta 600 millas, siempre que no se sobrepase latitudes mayores de  $60^\circ$ .



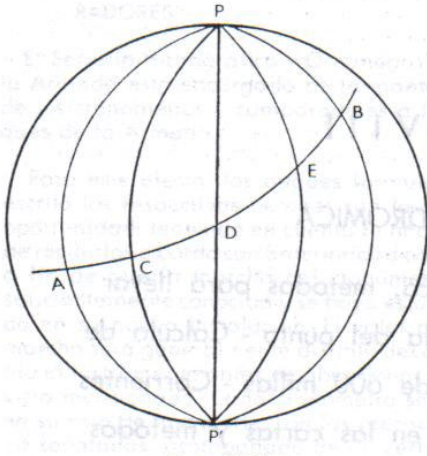


Figura 8.01

Para loxodrólicas mayores de 600 millas, deben emplearse los métodos que se indican en los párrafos 8.08 y 8.09 de este capítulo.

## 8.02 METODO GRAFICO O DE LA CARTA.

La figura 8.02 representa una carta en proyección Mercator.

Para llevar la navegación en esta carta, bastará solamente partir de una situación exacta, que llamamos Punto de Salida (Ps) y apoyándose en este punto se trazarán los rumbos verdaderos, considerando las distancias realmente navegadas. Llevando la navegación en esta forma en la carta Mercator, se tiene en cualquier momento la situación de la nave. El proceso para determinar la situación del buque a base de los Rumbos y Distancias verdaderas navegadas se llama "ESTIMA" y la situación obtenida se le llama "Punto Estimado" (Pe). La situación estimada, tiene errores que escapan al control del navegante, por

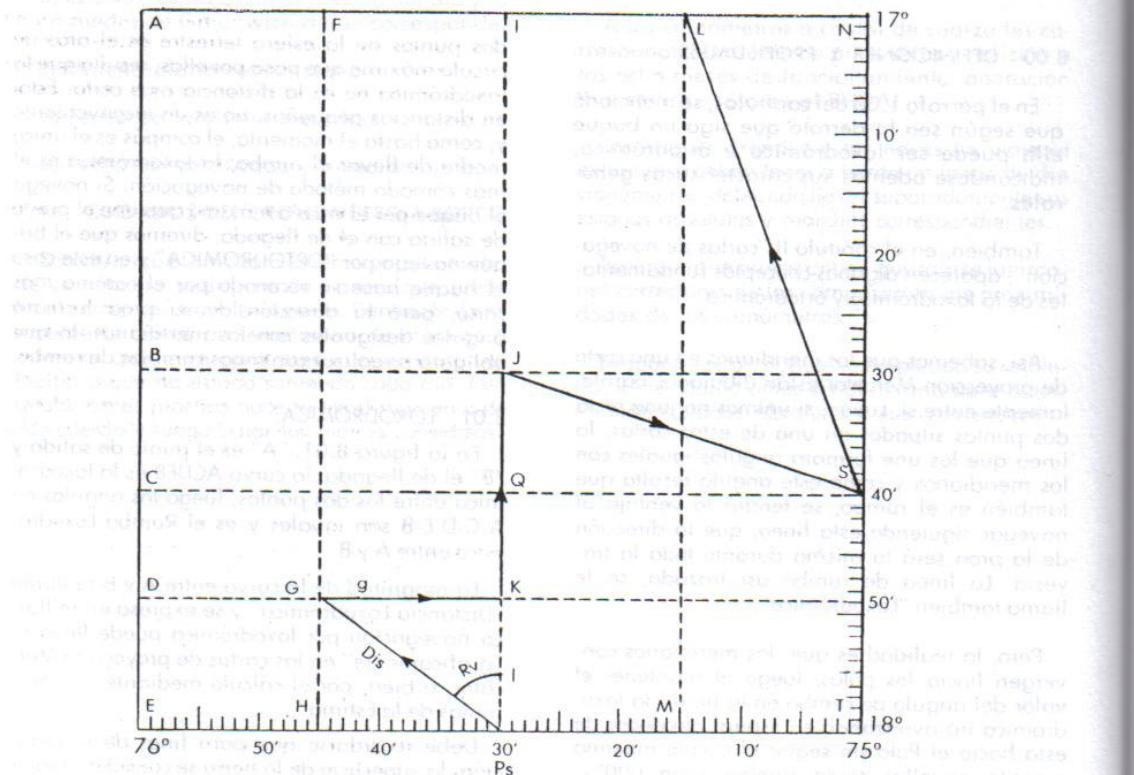


Figura 8.02

mucho que trate de evitarlo y que son ocasionados por: mal gobierno, error en las distancias, en el desvío, abatimiento, corriente, etc.; de aquí la necesidad de rectificar la situación continuamente, ya sea por demarcaciones o radiomarcaciones terrestres o, por observaciones astronómicas. Antes de perderse de vista la costa, debe situarse exactamente el buque; situación, que será el punto de partida o salida para las futuras situaciones.

La situación por observaciones de astros se llama "Punto Observado" (Po) y cuando no se tiene la costa a la vista, es reglamentario observar astronómicamente a la aurora, al mediodía y al crepúsculo.

Es costumbre en la mar considerar el "MEDIODÍA" como término o comienzo de los días navegados o singladuras. Cuando la navegación es mayor que una singladura, el punto observado (Po) a mediodía verdadero, es punto de salida (Ps) de la nueva singladura.

Si no hubiese "Po" se tomará el estimado.

Además de la situación estimada en un momento dado, podemos obtener de la carta Mercator, la diferencia de latitud, diferencia de longitud, distancia y rumbos, sacándolos directamente de ellas.

Así, en la figura 8.02, Ps es el punto de salida de un buque que navega según la línea Ps, G, K, Q, J, S, L.

Para la distancia Ps. G:

la dif. en Lat. (l) =  $H - G$ .  
la dif. en Long. (g) =  $H - Ps$ .

Para la distancia GK:

la dif. en Lat. (l) = no hay  
la dif. en Long. (g) =  $G - K$ ,

Para la distancia KJ:

la dif. en Lat. (l) =  $K - J$ .  
la dif. en Long. (g) = no hay

Para la distancia JS:

la dif. en Lat. (l) =  $Q - J$ .  
la dif. en Long. (g) =  $Q - S$ .

Para la distancia SL:

la dif. en Lat. (l) =  $S - N$ .  
la dif. en Long. (g) =  $L - N$ .

Vemos en la figura 8.02 que los paralelos y meridianos forman con los rumbos y distancias navegadas una serie de triángulos rectángulos en los cuales los lados son diferencias de latitud (l), de longitud (g) y distancia navegada (D).

Si le asignamos signo positivo a las diferencias en latitud y longitud Norte y Este respectivamente y signo negativo a las diferencias en latitud y longitud Sur y Oeste, veremos en la carta que Ps - l es la suma algebraica de todas las diferencias en latitudes y que Ps - M es la suma algebraica de todas las diferencias en longitudes (No apartamiento). Luego si le corregimos a la latitud de salida la diferencia de latitud Ps - l tendremos la Le; y si a la longitud de salida le corregimos la diferencia longitud Ps - M tendremos la Ge.

Cuando se navega en un meridiano (Rv =  $000^\circ$  ó  $180^\circ$ ) no hay diferencias de longitud.

Cuando si navega sobre un paralelo (Rv =  $090^\circ$  ó  $270^\circ$ ) no hay diferencias de latitud.

El método de llevar la estima gráficamente en la carta de navegación o en una carta plotting, es el más usado por lo sencillo y práctico, pues tiene en todo momento a la vista la situación de la nave.

### 8.03 METODO ANALITICO DE ESTIMA.

La estima puede ser llevada también, por el método analítico, usando las fórmulas de la estima.

La posición de un buque en la mar la determina las coordenadas del punto y las situaciones estimadas se deducen, como hemos dicho, tomando otro punto como apoyo. Si a este punto de apoyo le aplicamos la "diferencia en latitud y longitud", determinadas por las fórmulas de la estima tendremos la situación estimada de la nave.

Del mismo modo conociendo las coordenadas de salida y de llegada, se puede calcular el rumbo y distancia a navegar.

En la figura 8.03 tenemos que A - B es una loxodrómica. Si tomamos una diferencia de latitud l muy pequeña, supongamos un minuto y fijamos los puntos H, I, J, y G, trazando por ellos los paralelos tendremos que se nos formará una serie de triángulos muy chicos, que pueden considerarse como planos. Todos estos triángulos son rectángulos en H, K, L y M, teniendo además iguales entre sí los ángulos en A, C, D y E, que es



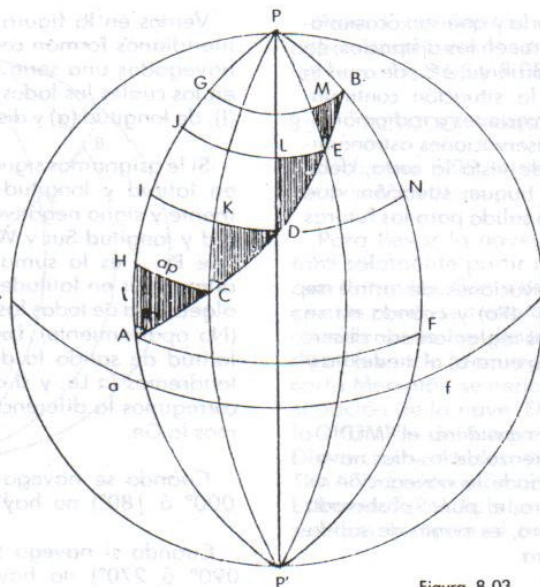


Figura 8.03

el rumbo verdadero y un lado "I" que es la diferencia de latitud y que lo hicimos por construcción igual a un minuto. De estos triángulos deducimos:

En el triángulo AHC  $I = AC \cos Rv.$   
 En el triángulo CKD.  $I = CD \cos Rv.$   
 En el triángulo LDE.  $I = DE \cos Rv.$   
 En el triángulo MEB.  $I = EB \cos Rv.$

Sumando tendremos la diferencia de latitud total:

$$I = AC \cos Rv + CD \cos Rv + DE \cos Rv + EB \cos Rv.$$

$$I = \cos Rv (AC + CD + DE + EB).$$

pero  $AC + CD + DE + EB = a$  la distancia loxodrómica.

luego  $I = \text{Dist.} \times \cos Rv$  que es la 1ª fórmula de la estima.

Del mismo modo tenemos que:

$$\begin{aligned} HC &= AC \sin Rv. \\ KD &= CD \sin Rv. \\ LE &= DE \sin Rv. \\ MB &= EB \sin Rv. \end{aligned}$$

Donde  $HC + KD + LE + MB = ap.$  (apartamento total).

Luego sumando:

$$ap = \text{Sen } Rv. (AC + CD + DE + EB).$$

Entonces:

$$ap = \text{Dist.} \times \sin Rv. \text{ que es la 2ª fórmula de la estima.}$$

Siempre se conocen las coordenadas del punto de salida, y se lleva un minucioso registro de los rumbos y distancias verdaderas navegadas. Con estos elementos se puede deducir trigonométricamente, por la 1ª fórmula de la estima la diferencia en latitud (I) en cada uno, cuya suma algebraica nos dará la diferencia en latitud, contrada durante la navegación o hasta el momento considerado; diferencia que aplicada a la latitud de salida con el signo correspondiente (N ó S) nos dará la latitud en el momento que se considera.

Igualmente la 2ª fórmula de la estima nos permite calcular el "apartamento" (ap) contraído en cada Rumbo, apartamento que podemos convertir en diferencia de longitud (g), por medio de la ecuación ya conocida  $g = ap \sec L$ ; pero si observamos la figura 8.03 veremos que GB es el menor apartamento entre A y B y AF es el mayor apartamento entre los mismos puntos, en consecuencia existirá un paralelo intermedio como IN entre la latitud de salida y la de llegada

que será la "Latitud media" (Lm) y que es la que se considera en la fórmula en estos casos, quedando transformada en  $g = ap \sec Lm$  que es la 3ª fórmula de la estima.

Estas tres ecuaciones son las que se denominan "Fórmulas de Estima" en las que se ha considerado la tierra plana y de aquí que su empleo está limitado para loxodrómicas menores de 600 millas y Latitudes menores de los 60°, en cuyo caso la latitud media es muy cercana a la media aritmética de la latitud de salida y de llegada. Cuando la loxodrómica es mayor de 600 millas las fórmulas de la estima tratadas son incompatibles, obligando a usar otras que veremos más adelante.

Tenemos las fórmulas de la estima:

- 1)  $I = D \cos Rv$
- 2)  $ap = D \sin Rv$
- 3)  $g = ap \sec Lm$

Cálculo de "I"

$$\begin{aligned}
 I &= D \cos Rv \\
 D &= 119 \quad \log D = 2.07555 \\
 Rv \ 327^\circ \quad \log \cos Rv &= 1.92359 \\
 \log I &= 1.99914 \\
 I &= 99',8 \text{ N} \\
 I &= 01^\circ 39',8 \text{ N}
 \end{aligned}$$

Hemos obtenido la diferencia de latitud (I) y el apartamiento (ap). Para deducir la latitud estimada o de llegada, bastará corregir a la Latitud de salida la diferencia de latitud (I).

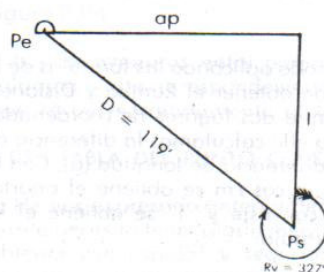
$$\begin{aligned}
 Ls &= 40^\circ 00',0 \text{ S} \\
 I &= 01^\circ 39',8 \text{ N} \\
 Le &= 38^\circ 20',2 \text{ S}
 \end{aligned}$$

#### 8.04 CALCULO POR EL METODO ANALITICO (Loxodrómica menor de 600').

Conocidas las fórmulas de la estima podemos entrar a calcular matemáticamente cada uno de los elementos "I" y "g" que nos llevarán a deducir la situación de la nave en el momento deseado.

Ejemplo:

Un buque salió de un punto situado en  $Ls = 40^\circ 00' \text{ S.}$ ,  $Gs = 72^\circ 00' \text{ W.}$  y navegó al  $Rv = 327^\circ - 119$  millas. Se pide la situación estimada.



Cálculo de "ap"

$$\begin{aligned}
 ap &= D \sin Rv \\
 \log D &= 2.07555 \\
 \log \sin Rv &= 1.73611 \\
 \log ap &= 1.81166 \\
 ap &= 64',8 \text{ W}
 \end{aligned}$$



## Cálculo de "g"

$$g = ap \sec Lm$$

$$\begin{aligned} Ls &= 40^\circ 00',0 \text{ S} \\ Le &= 38^\circ 20',2 \text{ S} \\ \Delta &= 78^\circ 20',2 \\ Lm &= 39^\circ 10',1 \text{ S} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log ap &= 1,81166 \\ \log \sec Lm &= 0,11053 \\ \log g &= 1,92219 \\ g &= 83',6 \text{ W} = 01^\circ 23',6 \text{ W} \end{aligned}$$

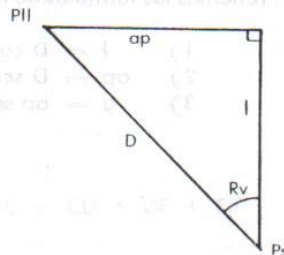
La diferencia de longitud obtenida se le corrige a la longitud de salida y dará la longitud estimada o de llegada.

$$\begin{aligned} Gs &= 72^\circ 00',0 \text{ W} \\ g &= 01^\circ 23',6 \text{ W} \\ Ge &= 73^\circ 23',6 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{array}{l|l} Pe & Le = 38^\circ 20',2 \text{ S} \\ & Ge = 73^\circ 23',6 \text{ W} \end{array}$$

Del mismo modo aplicando las fórmulas de la estima se puede obtener el Rumbo y Distancia Loxodrómica entre dos lugares de coordenadas conocidas. Para ello calculamos la diferencia de latitud (I) y la diferencia de longitud (g). Con la ecuación  $ap = g \cos Lm$  se obtiene el apartamiento (ap) y con éste y "I" se obtiene el Rv aplicando la fórmula:

$$\operatorname{tg} Rv = \frac{ap}{I}$$



Ejemplo:

Un buque en  $Ls = 40^\circ 00' \text{ S.}$ ,  $Gs = 72^\circ 00' \text{ W.}$  desea ir a un punto de  $LII = 38^\circ 20',2 \text{ S.}$   $GII = 73^\circ 23',6 \text{ W.}$  ¿Cuál es el Rv y Dist. Loxodrómica?

## Cálculo de "I" y "g".

$$\begin{aligned} Ls &= 40^\circ 00',0 \text{ S.} \\ LII &= 38^\circ 20',2 \text{ S.} \\ I &= 01^\circ 39',8 \text{ N.} = 99',8 \text{ N} \\ Lm &= 39^\circ 10',1 \text{ S.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Gs &= 72^\circ 00',0 \text{ W} \\ GII &= 73^\circ 23',6 \text{ W} \\ g &= 01^\circ 23',6 \text{ W} = 83',6 \text{ W} \end{aligned}$$

## Cálculo de Ap y Rv.

$$\begin{aligned} ap &= g \cos Lm \\ \log g &= 1,92220 \\ \log \cos Lm &= 1,88946 \\ \log ap &= 1,81166 \\ ap &= 64',81 \text{ W} \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} Rv = \frac{ap}{I}$$

$$\begin{aligned} \log ap &= 1,81166 \\ \operatorname{co} \log I &= 2,00086 \\ \log \operatorname{tg} Rv &= 1,81252 \\ Rv &= 32^\circ 58',4 = \text{N } 33^\circ \text{ W} \end{aligned}$$

### Cálculo de la distancia Loxodrómica

$$I = D \cos Rv$$

$$D = \frac{I}{\cos Rv}$$

$$\begin{aligned} \log I &= 1.99913 \\ \text{colog } \cos Rv &= 0.07641 \\ \log \text{Dist.} &= 2.07554 \\ \text{Dist.} &= 118',99 \approx 119' \end{aligned}$$

$$\text{Loxodrómica} \left\{ \begin{array}{l} Rv = 327^\circ \\ \text{Dist.} = 119',0 \end{array} \right.$$

El método analítico se lleva cuando la carta por la cual se navega es de punto menor y no se puede apreciar en la escala el minuto o la milla.

En la navegación astronómica o de alta mar la navegación se lleva en carta de punto menor del océano que se navega, lo que no permite el trazado minucioso de la derrota, y la situación o punto de la nave se coloca cada vez que se tenga observación. El detalle de rumbos y distancias van registradas en el Bitácora. En estos casos el navegante tiene que recurrir al método analítico, pero como el uso de las fórmulas aplicadas parcialmente a cada rumbo navegado sería largo y expuesto a errores y lo que se necesita es rapidez y seguridad, se emplean las llamadas "Tablas del Punto o de Estima".

Estas tablas están construidas a base de las fórmulas de la estima y sus valores los proporciona la Tabla N° 3 de Bowditch.

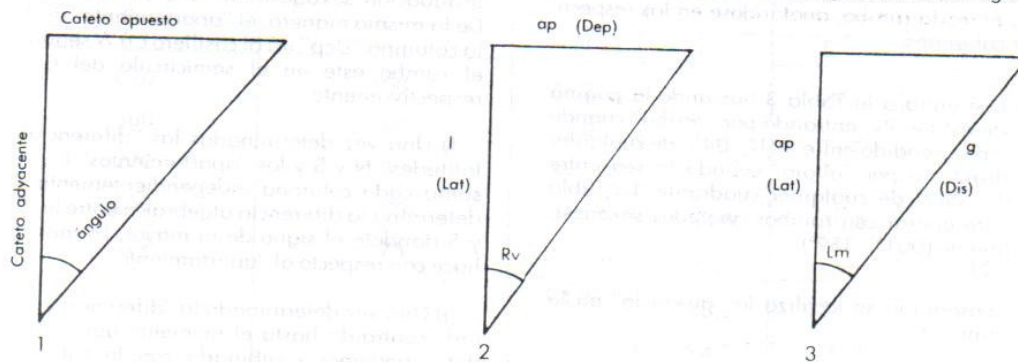


Figura 8.04

En ella se ha hecho variar el ángulo desde  $001^\circ$  a  $089^\circ$  y la distancia desde 1 a 600 millas y en otras columnas se ha tabulado el producto de la distancia por el coseno del rumbo para obtener

la diferencia de latitud ( $I = \text{Dist.} \times \cos Rv$ ) y, el producto de distancia por el seno del  $Rv$ , para obtener el apartamiento ( $ap = \text{Dist.} \times \sin Rv$ ).

La equivalencia entre ella puede verse en la figura 8.04.

Las abreviaturas entre paréntesis indican la columna a que corresponde entrar en la Tabla 3, que resuelve rápidamente el triángulo plano.

### 8.05 TABLA DEL PUNTO O DE ESTIMA.

Hemos expresado anteriormente que el navegante necesita tener algún medio que le permita obtener con rapidez y seguridad los "apartamientos" y "diferencias en latitud" de cada uno de los Rumbos y Distancias verdaderas navegadas.

Todos los datos que se necesitan para calcular una estima deben estar rigurosamente registra-

dos en el Bitácora, luego de él se obtendrán las coordenadas de salida, los rumbos, distancias, abatamientos, desvíos, error girocompás, variación magnética, etc.



Para trabajar por tabla del punto o de la estima, antes que nada se confecciona un "Cuadro de Estima", similar al que se muestra a continuación y que por supuesto, no es una cosa rígida.

cionar los datos de las columnas, pues esta recomendación se olvida muy a menudo en los principiantes, introduciendo errores difíciles de localizar en el cálculo.

CUADRO DE ESTIMA.

| Rv | Dist.  | l |   | ap |   |
|----|--------|---|---|----|---|
|    |        | N | S | E  | W |
|    |        |   |   |    |   |
|    |        |   |   |    |   |
|    |        |   |   |    |   |
|    | Suma = |   |   |    |   |

l = diferencia de las sumas de las columnas N y S con el signo del mayor.

ap = diferencia de la suma de las columnas E y W con el signo del mayor.

El cuadro se confeccionará en la siguiente forma:

a) Se saca del bitácora cada Rumbo del compás o giro, se reducen a Rumbos verdaderos y se determinan las distancias verdaderas navegadas en cada rumbo, anotándose en las respectivas columnas.

b) Se entra a la Tabla 3 buscando la página donde está el Rv, entrando por "arriba" cuando está comprendido entre 001° - 045° de cualquier cuadrante, o por "abajo" cuando lo sea entre 045° - 089° de cualquier cuadrante. La Tabla permite operar con rumbos anotados sexagesimalmente (001° - 359°).

c) Enseguida se localiza la "distancia" en la columna "Dist."

d) Encuadrando el "Rv" con la "Dist" encuentra tabulada la "diferencia en latitud" en la columna "D. Lat." y el "apartamiento" en la columna "Dep" (triángulo 2 de la fig. 8.04).

Obsérvese que las columnas "D. Lat." y "Dep" dadas por la parte de abajo se han intercambiado, debiendo tenerse mucho cuidado al selec-

e) Cada "diferencia en latitud (l)" y "apartamiento (ap)" sacada de la tabla 3 se irá colocando en el casillero respectivo del cuadro de estima. La "diferencia de latitud" (l) puede ser N ó S de acuerdo a la primera letra del rumbo: N . . . . . E ó N . . . . . W, en graduación cuadrantal; o bien, cuando está comprendido entre 271° y 089° pasando por el 000° en graduación sexagesimal, el dato suministrado por la columna "D. Lat." irá al casillero "N" y cuando el rumbo es S . . . . . E ó S . . . . . W en graduación cuadrantal o entre 091° y 269° pasando por el 180° en graduación sexagesimal, será el Casillero "S". De la misma manera, el "apartamiento" dado en la columna "Dep" irá al casillero E ó W según que el rumbo esté en el semicírculo del E ó W respectivamente.

f) Una vez determinadas las "diferencias de latitudes" N y S y los "apartamientos" E y W se suma cada columna independientemente y se determina la diferencia algebraica entre la del N y S dándole el signo de la mayor. Lo mismo se hace con respecto al "apartamiento".

g) Una vez determinada la "diferencia en latitud" contraída hasta el momento que se considera, podemos combinarla con la Latitud de salida para deducir la Latitud estimada.

h) Conocida la Latitud estamos en condiciones de poder convertir el "apartamiento" en "diferencia de longitud", mediante la fórmula 3 de estima:  $ap = g \cos Lm$ ; en donde Lm es la media aritmética entre la Latitud de salida y la estimada.

En la figura 8.04 (triángulo 3) se ve que para convertir "apartamiento" en "diferencia de longitud", (g) habrá que entrar a la Tabla 3 con Lm como Rumbo y con el apartamiento en la columna "D.Lat." encontrando "g" en la columna "Dist."

i) Determinada la "diferencia de longitud" la combinamos con la Longitud de salida y tendremos la Longitud estimada.

NOTA: Es de utilidad recordar en el uso de la tabla 3 que, cuando el rumbo es menor de  $45^\circ$  en cada cuadrante lógicamente, la "diferencia en latitud" será mayor que el "apartamiento". Cuando es mayor de  $45^\circ$ , será lo contrario.

#### 8.06 CASOS ESPECIALES.

1º) Cuando se navega en un meridiano, o sea, rumbo  $000^\circ$  o  $180^\circ$ , todo lo que se navega es "diferencia en latitud" y no hay apartamiento.

2º) Cuando se navega en un paralelo, o sea, rumbo  $090^\circ$  o  $270^\circ$  donde todo lo que se navega es "apartamiento", no hay por lo tanto, diferencia en latitud.

En el primer caso tenemos que si  $Rv = 000^\circ$  o  $180^\circ$  el  $\cos Rv$  será  $= 1$  ó  $-1$  y el  $\sin Rv$  será igual a cero. Si analizamos las fórmulas de estima en este caso veremos que, si

$$I = D \cos Rv \text{ y el } \cos Rv = 1 \text{ entonces} \\ I = D$$

Del mismo modo:

$$ap = D \sin Rv \text{ y si } \sin Rv = 0 \text{ entonces} \\ ap = 0.$$

En el 2º caso, cuando se navega en un paralelo, tendremos que el  $\cos Rv = 0$  y el  $\sin Rv = 1$  ó  $-1$ ; luego las fórmulas de la estima anteriormente analizadas se convierten en  $I = 0$  y  $ap = D$ .

Ejemplo:

El CL "O'Higgins" zarpa de Isla Juan Fernández  $L = 33^\circ 37' S.$ ,  $G = 78^\circ 50' W.$  y navega a los siguientes rumbos verdaderos: al  $Rv = 070^\circ - 100'$ ; al  $360^\circ - 60'$ ; al  $270^\circ - 30'$ ; al  $160^\circ - 90'$  y al  $222^\circ - 75'$ ; se pide el Pe.

CUADRO DE ESTIMA.

| Rv  | D   | I    |        | ap     |      |
|-----|-----|------|--------|--------|------|
|     |     | N    | S      | E      | W    |
| 070 | 100 | 34,2 | —      | 94,0   | —    |
| 360 | 60  | 60,0 | —      | —      | —    |
| 270 | 30  | —    | —      | —      | 30   |
| 160 | 90  | —    | 84,6   | 30,8   | —    |
| 222 | 75  | —    | 55,7   | —      | 50,2 |
|     |     | 94,2 | 140,3  | 124,8  | 80,2 |
|     |     |      | 94,2   | 80,2   |      |
|     |     |      | 46,1 S | 44,6 E |      |



$Ls = 33^{\circ} 37',0 \text{ S}$   
 $l = 46',1 \text{ S}$   
 $Le = 34^{\circ} 23',1 \text{ S}$   
 $Gs = 78^{\circ} 50',0 \text{ W}$   
 $g = 53',8 \text{ E}$   
 $Ge = 77^{\circ} 56',2 \text{ W}$

$Pe \quad \left| \quad \begin{array}{l} Le = 34^{\circ} 23,1 \text{ S} \\ Ge = 77^{\circ} 56',2 \text{ W} \end{array} \right.$

$Ls = 33^{\circ} 37',0 \text{ S}$   
 $Le = 34^{\circ} 23,1 \text{ S}$   
 $\angle = 68^{\circ} 00',1$   
 $Lm = 34^{\circ} 00',0$   
 $ap = 44',6 \text{ E} \quad | \quad g = 53',8 \text{ E}$

### 8.07 DADO EL PUNTO DE SALIDA Y DE LLEGADA, CALCULAR LA LOXODROMICA.

Puede ser resuelto por tres métodos.

- 1º) En la carta Mercator o carta plotting.
- 2º) Analíticamente.
- 3º) Por la Tabla 3 de Navegación.

#### 1º) EN LA CARTA MERCATOR O CARTA PLOTTING.

Para este método se ubica en la carta de navegación el punto de salida y el de llegada. Si se usa carta plotting se sitúan los dos puntos indicados.

Luego se unen por una línea ambos puntos. Esta línea será la derrota loxodrómica y su rumbo se obtiene sacándolo de la rosa.

La distancia loxodrómica será la distancia que hay entre los dos puntos sobre la derrota loxodrómica; debiendo tenerse cuidado al usar la escala de la carta para medirla, que sea a la altura de la latitud en que se está operando.

#### 2º) ANALITICAMENTE.

Si tenemos un punto de salida y uno de llegada cuyas coordenadas se conocen; podemos determinar aritméticamente la diferencia de latitud ( $l$ ), la diferencia en longitud ( $g$ ) y la Latitud media ( $Lm$ ). Con ayuda de estos datos se puede obtener el apartamiento mediante la 3ª fórmula de la estima:  $ap = g \cos Lm$ .

Calculado el "apartamiento" podemos entrar a resolver el triángulo rectángulo plano loxodrómico.

En la fig. 8.07 A y B representan los puntos de salida y de llegada respectivamente, cuyas coor-

denadas se conocen. ABC es el triángulo loxodrómico en el que se tiene que:  $AC = l$  (dif. en lat.);  $CB = ap$  (apartamiento), ambos expresados en las mismas unidades. El ángulo CAB que es el Rumbo verdadero y  $AB = D$  (distancia loxodrómica), son los datos que hay que determinar.

$$\begin{aligned} \text{tg } Rv &= \frac{ap}{l} \quad \text{pero } ap = g \cos Lm \\ \text{luego } \text{tg } Rv &= \frac{g \cos Lm}{l} \end{aligned}$$

Del mismo modo

$$\begin{aligned} \cos Rv &= \frac{l}{D} \\ D &= \frac{l}{\cos Rv} = l \sec Rv \end{aligned}$$

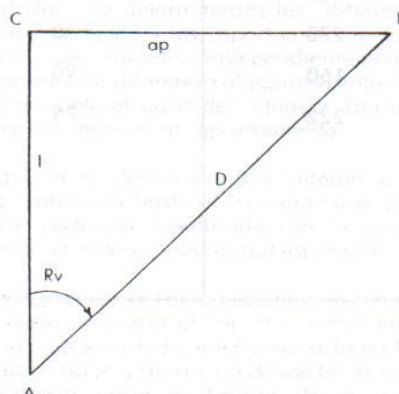


Figura 8.07

Ejemplo:

Calcular la loxodrómica entre Valparaíso  $L_s = 33^\circ 02' S$ ,  $G_s = 71^\circ 40' W$ .  
a isla Juan Fernández  $L_l = 33^\circ 37' S$ ,  $G_l = 78^\circ 50' W$ .

Cálculo de "l", "g" y  $L_m$ .

$$\begin{aligned} L_l &= 33^\circ 37,0 \text{ S} \\ L_s &= 33^\circ 02,0 \text{ S} \\ l &= 35,0 \text{ S} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_l &= 78^\circ 50,0 \text{ W} \\ G_s &= 71^\circ 40,0 \text{ W} \\ g &= 07^\circ 10,0 \text{ W} \\ g &= 430', \text{ W} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L_l &= 33^\circ 37,0 \text{ S} \\ L_s &= 33^\circ 02,0 \text{ S} \\ \leq &= 66^\circ 39,0 \\ L_m &= 33^\circ 19,5 \text{ S} \end{aligned}$$

Cálculo del Rv y Distancia loxodrómica.

$$\begin{aligned} \text{tg Rv} &= \frac{g \cos L_m}{l} \\ \text{Log } g &= 2,63347 \\ \text{log } \cos L_m &= 1,92198 \\ \text{Colog } l &= 2,45593 \\ \text{Log tg Rv} &= 1,01138 \\ \text{Rv} &= S 84^\circ 26,5 \text{ W} \\ \text{Rv} &= 264^\circ,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D &= \frac{l}{\cos Rv} \quad \text{o bien} = 1 \text{ sec Rv} \\ \text{log } l &= 1,54407 \\ \text{Colog } \cos Rv &= 1,01386 \\ \text{log } D &= 2,55793 \\ D &= 361',35 \approx 361' \end{aligned}$$

### 3º) POR TABLA Nº 3 DE NAVEGACION.

Esta Tabla resuelve rápidamente y con la aproximación necesaria para la navegación, el cálculo del Rv y Distancia loxodrómica entre dos puntos.

Para trabajar con la Tabla 3 en este caso, es preciso primeramente convertir la "diferencia en longitud" en "apartamento". La figura 8.04 (triángulo 3) nos indica que debemos entrar a la tabla con la  $L_m$  como Rumbo y con "g" en la columna "Dist", encontramos el "ap" en la columna "D.Lat." (Recuerde que el apartamento es siempre menor que la diferencia en longitud). Apliquemos esto en el problema anterior.

$$\begin{aligned} L_m &= 33^\circ 19,5 \text{ S} \\ g &= 430' \text{ W.} \end{aligned}$$

$$\text{ap} = 360',6 \text{ W.}$$

Se tiene  $l = 35' S$  y  $\text{ap} = 360',6 W$ .

En la figura 8.04 (triángulo 2), vemos que para sacar a continuación el valor del Rumbo, habrá que entrar en la tabla con "l" en la columna "D.Lat." y con "ap" en la columna "Dep", y ver en la tabla en que página están los valores correspondientes a "l" y "ap" juntos; leyendo donde esto ocurra, tendremos "distancia" en la columna

"Dist" y el Rumbo lo encontraremos "arriba" o "abajo" de la página, lo que depende de los valores relativos de "l" y "ap" ya que cuando "l" es mayor que "ap" el Rumbo es menor de  $45^\circ$  de cualquier cuadrante y en este caso el Rv se lee "arriba". Si es mayor de  $45^\circ$  en cualquier cuadrante se lee abajo de la página.

La tabla permite sacar el Rumbo en graduación sexagesimal lo que es una gran ventaja.

Luego en el ejemplo que estamos viendo tenemos:

$$\begin{aligned} l &= 35,0 \text{ S} & \text{Rv} &= 264^\circ,5 \\ \text{ap} &= 360,6 \text{ W.} & D &= 361' \end{aligned}$$

### 8.08 LOXODROMICAS MAYORES DE 600 MILLAS.

En los párrafos anteriores vimos en detalle la solución de todos los problemas que se presentan en el mar con respecto a la loxodrómica menor de 600 millas, donde las tres fórmulas de estima tienen un papel importante fundamental. De estas fórmulas, dos son exactas en todas circunstancias; en cambio la 3ª,  $\text{ap} = g \cos L_m$  en la que hemos aceptado que, el "apartamento" entre dos lugares, es igual al correspondiente entre sus meridianos en la "Latitud media", no es exacta cuando la distancia navegada es mayor de 600 millas.



La 3ª fórmula da un error probable de 1% cuando la diferencia en latitud es pequeña; se agranda con el aumento de ésta en especial en latitudes sobre 60°, y no debe emplearse cuando los lugares están en diferentes hemisferios y muy separados en latitud.

Por otra parte, el principio en que se apoya la construcción de las cartas Mercator permite calcular las loxodrómicas mayores de 600 millas sin que intervenga el "apartamiento".

En la figura 8.08 tenemos representada una carta Mercator, donde AB es la loxodrómica que une dos puntos de la carta. El ángulo CAB es el rumbo.

Si en el triángulo ABC, los lados AC y CB están en las mismas unidades, una simple fórmula trigonométrica bastará para calcular el rumbo loxodrómico.

AC = diferencia de latitudes aumentadas (la) entre A y C.

CB = diferencia de longitud (g) entre C y B. "g" puede ser medida en la escala de longitud dando una cantidad que son minuto de ecuador; "la" puede ser medida directamente en la escala de latitud, o bien puede obtenerse con la ayuda de la Tabla 5 de Latitudes aumentadas.

Del triángulo ABC obtenemos:

$$\operatorname{tg} R_v = \frac{g}{la} \quad \text{ó} \quad g = la \operatorname{tg} R_v.$$

fórmula que se conoce con el nombre "ecuación de la loxodrómica", se usa para calcular el rumbo cuando la "distancia es mayor de 600 millas".

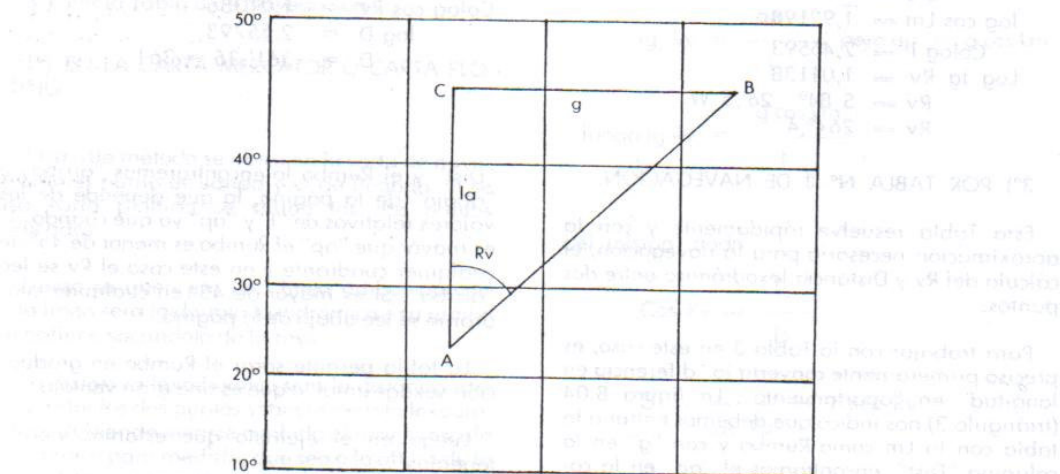


Figura 8.08

Una vez calculado el rumbo se aplica la 1ª fórmula de la estima para obtener la Distancia.

$$D = l \sec R_v \quad \text{ó bien} \quad = \frac{l}{\cos R_v}$$

Ejemplo.

Calcular la loxodrómica (mayor de 600 millas) entre Valparaíso e Isla de Pascua.

Valpso. L = 33° 02' S      G = 71° 40' W  
I. Pascua L = 27° 09' S      G = 109° 26' W

## Cálculo del Rv y D Loxodrómica.

Ls = 33° 02',0 S  
 LII = 27° 09',0 S  
 I = 05° 53',0 N  
 I = 353',0 N

Tabla 5 : LA = 2089',2 S  
 Tabla 5 : LA = 1682',9 S  
 la = 406',3 N

G = 71° 40',0 W  
 GII = 109° 26',0 W  
 g = 37° 46',0 W  
 g = 2266',0 W

$$\operatorname{tg} Rv = \frac{g}{la}$$

log g = 3,35526  
 - log la = 2,60874  
 log tg Rv = 0,74652  
 Rv = N 79° 50' W  
 = 280°,2

$$D = I \sec Rv$$

log I = 2,547777  
 log sec Rv = 0,75323  
 log D = 3,30100  
 D = 2000 millas

## 8.09 CALCULAR EL PUNTO ESTIMADO EN DISTANCIAS MAYORES DE 600 MILLAS.

$$\text{En las fórmulas: } \operatorname{tg} Rv = \frac{g}{la} \quad D = I \sec Rv$$

vemos que, en la segunda se conocen dos elementos, el Rv y D, luego se puede calcular la "diferencia de latitud" (I), la que combinada con la latitud de salida nos dará la estimada.

Conocida la latitud estimada podemos determinar la "diferencia de latitudes aumentadas" entre ellas y aplicar la "ecuación de la loxodrómica" para calcular la "diferencia en longitud" (g) que aplicada a la longitud de salida nos dará la estimada.

Ejemplo:

El CL O'Higgins zarpó del puerto de Coquimbo en L = 29° 55' S., G = 71° 21' W. y navegó al 340° - 950 millas. Se pide el Pe.

## Cálculo Le

I = D cos Rv  
 log D = 2,977 72  
 Log cos Rv = 1,972 99  
 log I = 2,950 71  
 I = 892',7  
 I = 14° 52',7 N  
 Ls = 29° 55',0 S  
 Le = 15° 02',3 S

## Tabla 5

LA = 1871',0 S  
 LA = 906',8 S  
 la = 964',2 N

## Cálculo Ge

$$g = la \operatorname{tg} Rv$$

log tg Rv = 1,561 07  
 log la = 2,984 17  
 log g = 2,545 24  
 g = 350',9 W  
 g = 05° 50',9 W.  
 Gs = 71° 21',0 W  
 Ge = 77° 11',9 W

Pe | Le = 15° 02',3 S  
 Ge = 77° 11',9 W



Cuando el rumbo es cercano a  $090^\circ$  o  $270^\circ$  no debe usarse la ecuación de la loxodrómica, debido a que la función de la tangente varía muy rápidamente y un pequeño error en el Rumbo produce un gran error en el cálculo de "g". En estos casos debe emplearse la Latitud media.

#### 8.10 TABLA N° 3 DE BOWDITCH.

Además de lo ya explicado, básicamente la tabla 3 contiene la tabulación de las soluciones de triángulos rectángulos planos, y resuelve los problemas de estima que hemos tratado.

Como actualmente da los valores enteros de Rumbo y Distancias, será necesario interpolar cuando se presenten valores intermedios.

Las abreviaturas usadas en esta tabla tienen el significado siguiente:

Dist. = Distancia (de 1' a 600')

D.Lat. = Diferencia de latitud (l)

Dep. = Apartamiento (ap)

El rumbo verdadero se indica en la parte de arriba y abajo en cada página.

Cuando no aparecen los elementos de un problema en los valores tabulados, deberán ser divididos por 10, y a su vez el resultado habrá que multiplicarlo por 10.

Igual procedimiento se emplea durante una interpolación, siempre que ello sea necesario.

Siendo esta tabla de gran utilidad, se recomienda al navegante su estudio y conocimiento detallado, a fin de dominar los diferentes casos en que se requiere su empleo.

#### Ejemplo 1.

Un buque navega al  $070^\circ$ , 352,8 millas ¿Cuál es la diferencia de latitud (l) y apartamiento (ap).

Se entra a la tabla 3 con el Rumbo  $70^\circ$  en la parte de abajo y columna Dist.:

| Dist.        | l(D.Lat) | ap(Dep)  |
|--------------|----------|----------|
| 352          | 120',4   | 330',8   |
| 0,8          | 0',2     | 0',7     |
| 352,8 millas | 120',6 - | 331',5 - |

Respuesta l =  $120',6$  N.

ap =  $331',5$  E.

#### Ejemplo 2.

Un buque en  $L = 30^\circ 15' N$ , navega al  $090^\circ$  una diferencia de longitud (g) =  $04^\circ 36' E$ . Determinar la distancia navegada en el paralelo.

Se entra a la tabla 3 con  $R = 30^\circ (L)$  y Dist. (g) = 276' y obtiene el apartamiento en la columna D.Lat. Como la latitud es  $30^\circ 15'$ , habrá que obtener el apartamiento también para latitud  $31^\circ$  con el objeto de interpolar para los 15'.

g = 276'    ap para  $L = 30^\circ$     ap para  $L = 31^\circ$

|     |       |       |
|-----|-------|-------|
| 276 | 239,0 | 236,6 |
|-----|-------|-------|

Interpolar para 15'

239,0  
- 236,6

Dif = 2,4

$$\text{Correc } 15' = \frac{2,4 \times 15}{60} = 0,60$$

ap = 239,0  
correc. para 15' = - 0,6

Respuesta: ap =  $238',4$  = dist. naveg.

#### Ejemplo 3.

Un buque en  $L = 30^\circ 15' N$ . y  $G. = 50^\circ 20' W$ . navega al  $090^\circ$  una distancia de 294',5. Determinar la longitud del punto de llegada.

Se entra a la tabla 3 con la Latitud  $30^\circ$  como Rumbo y el apartamiento en la columna D.Lat. y obtiene la diferencia de longitud en la columna Dist. Como la Latitud es  $30^\circ 15'$  habrá que sacar los valores para  $L = 31^\circ$  para interpolar.

| ap     | g(L = $30^\circ$ ) | g(L = $31^\circ$ ) |
|--------|--------------------|--------------------|
| 294',5 | 340                |                    |
| 294    |                    | 343                |
| 0',5   |                    | 0,6                |
| 294',5 | 340,0              | 343,6              |

## Interpolación para 15'

$$\begin{array}{r} 343.6 \\ 340.0 \\ \hline \text{dif} = 3.6 \end{array}$$

$$\text{Correc para } 15' = \frac{3.6 \times 15}{60} = 0,9$$

$$\begin{array}{r} g = 340.0 \\ \text{correc.} = +0,9 \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} g = 340,9 \text{ E.} \\ \hline = 05^{\circ} 40',9 \text{ E} \end{array}$$

$$G = 50^{\circ} 20,0 \text{ W}$$

$$g = 05^{\circ} 40',9 \text{ E.}$$

$$GII = 44^{\circ} 39',1 \text{ W}$$

## Ejemplo 4:

Un buque en  $L = 30^{\circ} 15' \text{ N}$ .  $G = 50^{\circ} 23',0 \text{ W}$ . navega al  $250^{\circ}$  a una Latitud  $29^{\circ} 50' \text{ N}$ . Determinar la longitud del punto de llegada.

Se entra a la tabla 5 para obtener las latitudes aumentadas correspondientes. Se determina la diferencia de latitud aumentada ( $la$ ), se entra enseguida a la tabla 3 con el  $Rv$  y la diferencia de latitud aumentada y se obtiene la diferencia de longitud en la columna Dep.

$$\begin{array}{rcl} Ls = 30^{\circ} 15' \text{ N} & LA = 1893,9 \\ LII = 29^{\circ} 50' \text{ N} & LA = 1865,2 \\ \hline la = & 28,7 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} Rv = 250^{\circ} & & \\ = 570^{\circ} \text{ W.} & la \text{ (D.Lat.)} & g \text{ (Dep)} \\ & \hline & 28,7 & 78,9 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} & g = 01^{\circ} 18',9 \text{ W} & \\ Gs = 50^{\circ} 23',0 \text{ W} & & \\ g = 01^{\circ} 18',9 \text{ W} & & \\ GII = 51^{\circ} 41',9 \text{ W} & & \end{array}$$

## Ejemplo 5:

Un buque en  $L = 30^{\circ} 15' \text{ N}$ .  $G = 50^{\circ} 23' \text{ W}$ . navega al  $250^{\circ}$  verdadero a  $L = 29^{\circ} 50' \text{ N}$ .  $G = 51^{\circ} 42' \text{ W}$ .

Determinar la distancia.

Se determina primeramente la diferencia de latitud ( $l$ ). Enseguida se entra a la tabla 3 con el rumbo y la diferencia de latitud y se obtiene la distancia en la columna "Dist."

$$\begin{array}{rcl} Ls = 30^{\circ} 15' \text{ N.} & l \text{ (D.Lat.)} & \text{Dist.} \\ LII = 29^{\circ} 50' \text{ N.} & \hline l = 25',0 \text{ S.} & 25 & 73 \\ Rv = 570^{\circ} \text{ W.} & & \end{array}$$

Respt. Distancia = 73,0 millas.

## Ejemplo 6:

Un buque en  $L = 30^{\circ} 15' \text{ N}$ .  $G = 50^{\circ} 30' \text{ W}$ . debe ir a un lugar de  $L = 28^{\circ} 42' \text{ N}$ .  $G = 55^{\circ} 30' \text{ W}$ . ¿Cuál es  $Rv$ ?

Primeramente se determina las diferencias de latitudes aumentadas por tabla 5, y de longitud entre ambos lugares. A continuación se determina el valor de la tangente de  $Rv$  por medio de la fórmula:

$$\text{tg } R = \frac{g}{la}$$

$$\begin{array}{rcl} LA 30^{\circ} 15' = 1893,9 & Gs = 50^{\circ} 30' \text{ W.} \\ LA 28^{\circ} 42' = 1787,6 & GII = 55^{\circ} 30' \text{ W.} \\ \hline la = 106,3 \text{ S} & g = 05^{\circ} 00' \text{ W.} \\ & g = 300' \text{ W.} \end{array}$$

$$\text{tg } Rv = \frac{g}{la} = \frac{300}{106,3} = 2,82$$

$$Rv = 250^{\circ},5.$$

Este mismo resultado también puede encontrarse aproximadamente empleando la tabla 3, buscando la coincidencia de los valores 106,3 (columna D. Lat.) y 300 (columna Dep.), lo que en dicha tabla se aprecia entre los Rumbos  $70^{\circ}$  y  $71^{\circ}$  ( $250^{\circ}$  y  $251^{\circ}$ ).



### 8.11 CORRIENTES

Cuando un buque navega por una zona donde existen corrientes marinas, debe considerarlas para obtener su situación estimada o contrarrestar su efecto, alterando el rumbo, para mantenerse sobre la loxodrómica.

La naturaleza u origen de estas corrientes concierne a la oceanografía; al navegante le interesa especialmente el efecto que tiene en la derrota, tanto en dirección como intensidad. (Ver Pub. SHOA 3013 "Glosario de Marea y Corrientes").

Atendiendo al efecto en dirección e intensidad, las corrientes marinas pueden ser divididas en dos clases:

- a) Corrientes generales.
- b) Corrientes de marea.

**Corrientes Generales.** - Son corrientes generales u oceánicas, aquellas que tiran casi siempre en una misma dirección media y con intensidad casi constante; elementos indicados en cartas especiales, en atlas y en libros que toda nave debe tener para su consulta e información.

Nuestras cartas de navegación las indican con una flecha que señala la dirección verdadera de la corriente y los números sobre ella, la intensidad en 24 horas.

**Corrientes de Marea.** - Son las que tiran en dirección e intensidad variables, de acuerdo con el estado de la marea misma. Estas vienen indicadas en nuestras cartas de navegación con los símbolos:


 las de flujo o creciente.  
 las de reflujo o vaciante.

los números indican la intensidad en nudos, es decir millas por hora.

Con respecto a corrientes existen varios términos empleados entre los marinos, cuyo significado conviene conocer.

**Estoa:** Es el lapso en que no hay corriente de marea horizontal ni de flujo ni de reflujo.

**Escarceos:** Zona de pequeñas ondulaciones y remolinos que se producen en un mar calmo. Rompiente de olas causadas por confluencia de varias corrientes o por el viento que sopla en dirección opuesta a la corriente.

**Rayas:** Es el choque de corrientes de alguna intensidad, produciendo el efecto de que el agua hierve y puede hacer peligrar embarcaciones abiertas.

**Revesa:** Corriente que se produce en las orillas de un canal en dirección contraria a la de medio canal.

### CORRECCION DE LAS CORRIENTES

Todo problema en que intervengan corrientes marinas, puede ser resuelto de dos maneras:

Gráficamente, en la misma carta o en una carta plotting.

Analíticamente, por medio de la tabla 3 de navegación.

#### I.- GRAFICAMENTE EN LA MISMA CARTA O EN UNA CARTA PLOTTING

**1er. CASO:** Supongamos en la figura 8.11-a que un buque zarpe desde un punto "A" gobernando al  $180^\circ$  y a 12 nudos de velocidad y que el canal tiene una corriente al  $090^\circ$  a razón de 3 nudos.

Una hora más tarde, si no existiera corriente deberá estar en B; pero como la hay, ésta ha hecho derivar el buque hasta "C", donde la magnitud BC = 3 millas. Esto nos indica que la verdadera línea de rumbo (Rv) a que navegó el buque es la resultante AC, pero la dirección de su proa (Pv) fue siempre al  $180^\circ$ .

Atendiendo sólo a las direcciones de la proa, de la corriente y a las velocidades, puede deducirse gráficamente el punto "C", para ello se trazará en la carta, desde el punto "A", la dirección de la proa; es decir el rumbo sin considerar la corriente. Sobre este rumbo se aplicará la distancia navegada, en la que obtendremos el punto "B" y, a partir de éste, trazaremos la corriente en "su propia dirección", aplicando sobre ella la distancia que abatió el buque en el lapso navegado se obtendrá el punto "C". Este punto se conoce en navegación con el nombre de "PUNTO ESTIMADO" (Pe), por esta razón se dice que: "para conocer el Pe. existiendo una corriente, ésta se considera como rumbo navegado en su propia dirección".

**2º CASO:** Cuando un buque desea ir a un punto determinado contrarrestando el efecto de la corriente.

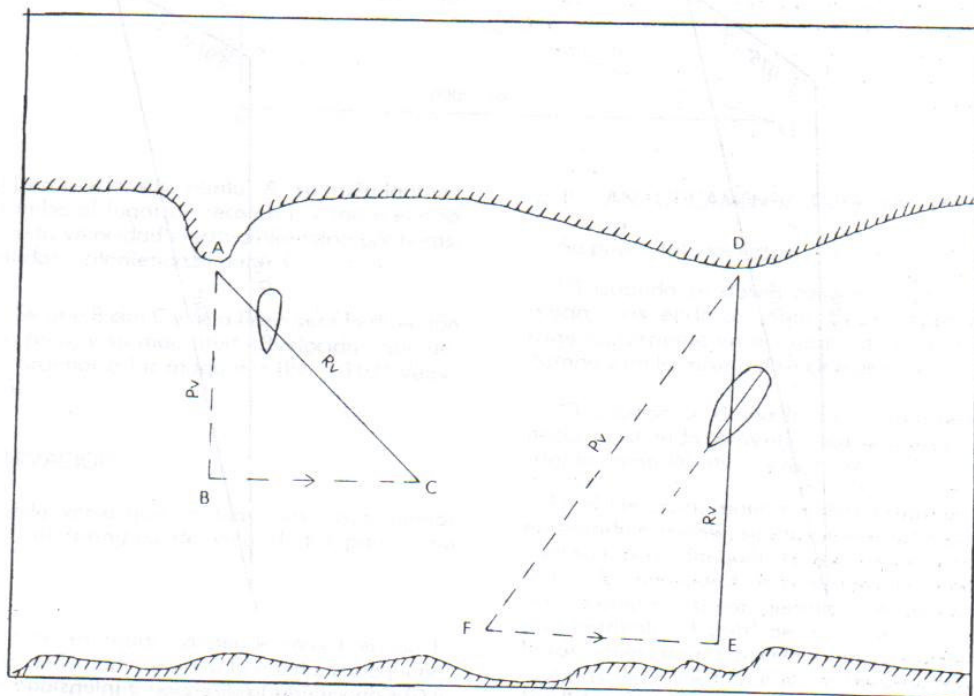


Figura 8.11-a

En la figura 8.11-a la nave en "D" desea ir a "E" distante 24 millas, su velocidad es 12 nudos y la corriente es al  $090^\circ$  de 3 nudos. Para cumplir lo deseado, es necesario que la dirección de la proa sea a un punto tal como F, donde EF corresponde lo que afectará la corriente en el tiempo de trayecto, esto es, en dos horas = 6 millas; así se tendrá que el buque navegará la resultante "DE".

De esto se deduce que para ir a un punto determinado existiendo corriente, debemos corregirla como rumbo, pero en sentido contrario para contrarrestarla.

Estos casos, que son los generales y otros que se presentarán tienen rápida solución en la carta por vectores de velocidad, y en las que la solución analítica es larga y molesta, a saber:

A) Conociendo la dirección de la proa, la velocidad del buque y la dirección e intensidad de la corriente, determinar la línea de rumbo y velocidad efectiva a que se navega.

Ejemplo:

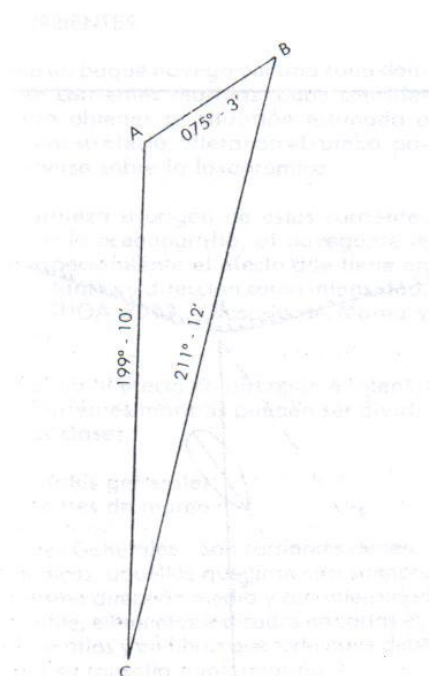
Un buque gobierna al  $211^\circ$  y a 12 nudos con corriente al  $075^\circ$  de 3 nudos. ¿Cuál es la línea de rumbo y la velocidad efectiva?

a) Desde el punto "A", donde se encuentra el buque, trace la corriente en su sentido y aplique en ella la intensidad en una hora y obtiene "B".

b) Desde el punto "B", trace el rumbo y velocidad con que navega el buque en una hora y obtiene "C".

c) Una "A" con "C" y se obtiene el rumbo y velocidad efectiva que lleva el buque. Rbo. =  $199^\circ$  V = 10 nudos.





B) Conociendo la velocidad que desarrolla el buque, la línea de rumbo a que navega y la dirección e intensidad de la corriente determinar la dirección de la proa y la velocidad efectiva a que se navegará.

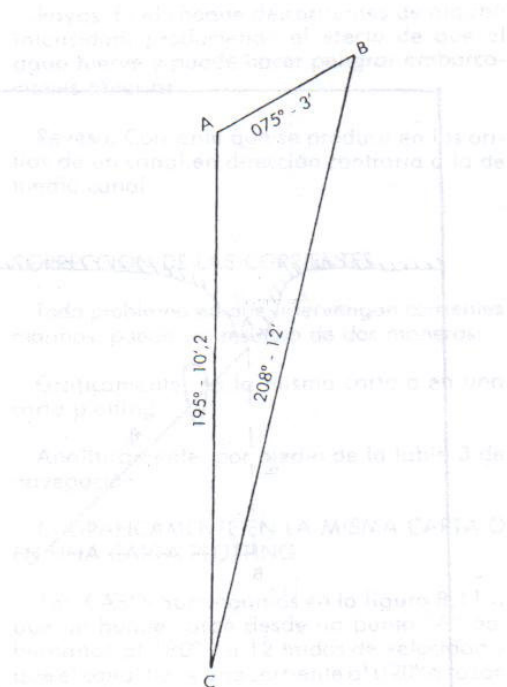
#### Ejemplo:

Un buque que desarrolla 12 nudos, debe navegar una línea de rumbo al  $195^\circ$  existiendo una corriente al  $075^\circ$  de 3 nudos. ¿Cuál será la dirección de su proa y la velocidad efectiva a que navega?

a) Desde el punto "A" donde se encuentra la nave, se traza la corriente en su mismo sentido y se aplica en ella la intensidad en 1 hora, obteniendo el punto "B".

b) Desde el mismo punto "A" se traza la línea de rumbo  $195^\circ$  que se desee seguir.

c) Haciendo centro en "B" y con una distancia igual a su velocidad 12 millas corta el rumbo  $195^\circ$ , obteniendo el punto "C" que unido a "B" da  $208^\circ$ , que es la dirección de la proa, para que el buque siga la dirección "AC", siendo esta magnitud AC, igual a la velocidad efectiva que va dando el buque 10,2 nudos.



C) Conociendo la dirección e intensidad de la corriente, determinar el rumbo y velocidad para llegar a una hora dada a un punto.

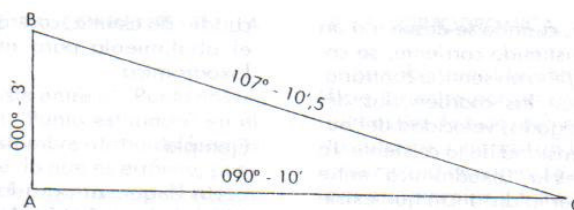
#### Ejemplo:

A las 08.00 horas, de un cierto día un buque que está al Weste y a 100 millas de un puerto, recibe orden de recalar a él, fondeando a las 1800 horas. Se sabe que existe una corriente al Norte de 3 nudos. Se pide la dirección de la proa y la velocidad que ordenará a las máquinas.

a) Tiempo necesario son 10 horas (1800 - 0800) para recorrer la distancia de 100 millas, luego la velocidad efectiva necesaria

$$\text{será} = \frac{100}{10} = 10 \text{ nudos}$$

b) Desde el punto "A" donde se encuentra la nave se traza la corriente en su mismo sentido y se aplica en ella su intensidad en una hora, obteniendo el punto B.



c) Desde el mismo punto "A" se traza la línea de rumbo al lugar de recalada, y sobre ella se marca la velocidad efectiva necesaria por horas, 10 nudos, obteniendo el punto C.

d) Se une B con C y esta línea será la dirección de la proa, y su magnitud la velocidad que deberá ordenar a las máquinas ( $P_v = 107^\circ$  Veloc.  $10',5$ ).

#### OBSERVACION:

Puede verse que en todos los casos, hemos hecho el triángulo de velocidades para "una hora".

Esto no es rígido, depende más bien de la escala de la carta, pues si la escala es pequeña, se comete menos error resolviéndolo a base de dos, tres o más horas; pues así los vectores resultan más grandes y por lo tanto el resultado más exacto.

También estos problemas pueden ser resueltos empleando la "Rosa de Maniobras".

#### II.- ANALITICAMENTE CON LA TABLA 3.

Se presentan dos casos:

1º) Cuando se desea conocer el punto estimado, existiendo corriente. En este caso se corrige la corriente en el cuadro de estima como Rumbo y en la misma dirección de ella.

2º) Cuando se desea ir a un punto determinado, existiendo corriente. Aquí se corrige la corriente como Rumbo, pero en sentido contrario.

En el 1er. caso, cuando se desea conocer el Pe, existiendo corriente, se corrige ésta como Rumbo y en su misma dirección, considerando como distancia la intensidad de ella durante el tiempo que lo afectó. Así por ejemplo; si el buque tuvo una corriente al  $200^\circ$  de 3 nudos durante 12 horas, en el cuadro de estima habrá que colocar además del o los Rumbos y distancias navegadas, el de la corriente  $R_v = 200^\circ D = 36'$ .

Ejemplo:

El BE "Esmeralda" zarpó de Quintero,  $L = 32^\circ 47' S.$ ,  $G = 71^\circ 32' W.$  y navegó al  $260^\circ$  verdadero durante 20 horas a 9 nudos, existiendo una corriente al  $350^\circ$  de 1 nudo. Se pide el Pe.

CUADRO DE ESTIMA.

| Rv  | D   | N    | S       | E | W            |
|-----|-----|------|---------|---|--------------|
| 260 | 180 | —    | 31,3    | — | 177,3        |
| 350 | 20  | 19,7 | —       | — | 3,5          |
|     |     | 19,7 | 31,3    | — | 180,8        |
|     |     | 1 =  | 19,7    |   |              |
|     |     |      | 11',6 S |   | 180,8 W = ap |

$$\begin{array}{llll}
 L_s = 32^\circ 47',0 S & L_m = 32^\circ,9 & g = 215',5 W & G_s = 71^\circ 32',0 W \\
 l = 11',6 S & ap = 180',8 W & = 3^\circ 35',5 W & g = 03^\circ 35',5 W \\
 Le = 32^\circ 58',6 S & & & Ge = 75^\circ 07',5 W
 \end{array}$$

$$\begin{array}{l}
 Pe \left\{ \begin{array}{l} 32^\circ 58',6 S \\ 75^\circ 07',5 W \end{array} \right.
 \end{array}$$



En el 2º caso, es decir, cuando se desee ir a un punto determinado, existiendo corriente, se corrige ésta como rumbo, pero en sentido contrario. En este caso se conocen las coordenadas del Punto de Salida y de Llegada, velocidad del buque y la dirección e intensidad de la corriente. Lo primero que se calcula es la "Loxodrómica" entre los dos puntos para saber la distancia que existe entre ellos, que será la base para calcular el tiempo aproximado que demorará la navegación y con ello determinar el lapso que lo afectará la corriente y corregirla en sentido contrario en el

cuadro de estima, contrarrestando en esta forma el abatimiento para mantener la nave en la loxodrómica.

Ejemplo:

Un buque zarpa a las 0600 horas del 27 de Abril de Ls = 37° 54' N. Gs = 105° 13' W. a 20 nudos para LII = 31° 47' N. GII = 103° 57' W. con corriente al 105° de 3 nudos. Se pide la Pv y hora de recalada.

#### CÁLCULO LOXODROMICA

(Rv y D a navegar).

$$Ls = 37^{\circ} 54',0 \text{ N}$$

$$LII = 31^{\circ} 47',0 \text{ N}$$

$$I = 06^{\circ} 07',0 \text{ S}$$

$$= 367,0 \text{ S}$$

$$Lm = 34^{\circ},8$$

$$g = 76',0 \text{ E}$$

$$ap = 62',3 \text{ E}$$

$$I = 367',0 \text{ S}$$

$$Gs = 105^{\circ} 13',0 \text{ W}$$

$$GII = 103^{\circ} 57',0 \text{ W}$$

$$g = 01^{\circ} 16',0 \text{ E}$$

$$= 76',0 \text{ E}$$

$$Rv = S 10^{\circ} E = 170^{\circ}$$

$$D = 372'$$

Cálculo duración aproximada del viaje.

$$T = \frac{D}{V} = \frac{372'}{20} = 18,6 \text{ horas.}$$

Cálculo de la corriente en tiempo anterior.

$$18,6 \times 3 = 55,8 \text{ millas de corriente al } 105^{\circ}. \text{ Cambio signo contrario: } 285^{\circ} - 55',8.$$

Cálculo del Rv y D, corrigiendo la Corriente

| Rv   | D    | N    | S       | E      | W    |
|------|------|------|---------|--------|------|
| 170° | 372  | —    | 367*    | 62,3 * | —    |
| 285  | 55,8 | 14,4 | —       | —      | 53,9 |
|      |      | 14,4 | 367,0   | 62,3*  | 53,9 |
|      |      |      | 14,4    | 53,9   |      |
|      |      | I =  | 352,6 S | 8,4 E  | = ap |

\*NOTA: "I" y "ap" de la loxodrómica de la primera parte del cálculo por ser los exactos.

$$I = 352,6 \text{ S} \quad \left| \quad Rv = S 01^{\circ},5 \quad E = 178^{\circ},5 \right.$$

$$ap = 8,4 \text{ E} \quad \left| \quad D = 352'$$

Cálculo duración efectiva del viaje.

$$T = \frac{D}{V} = \frac{352}{20} = 17,6 \text{ horas} = 17h. 36m.$$

Cálculo hora recalada.

$$\text{Hora zarpe} = 06 \quad 00 \quad (27 \text{ Abr.})$$

$$\text{Duración} = 17 \quad 36$$

$$\text{Hora Recalada} = 23 \quad 36 \quad (27 \text{ Abr.})$$

## 8.12 DEDUCCION DE LA CORRIENTE EN LA SINGLADURA

La diferencia que existe entre el "Punto observado" a mediodía y el "Punto estimado" en el mismo momento, es costumbre atribuirle íntegro a efectos de la corriente; lo que es erróneo, pues en la estima no se consideran una serie de causas que introducen errores, como puede ser: mal gobierno, desvíos imperfectos, estado del mar, viento, etc., por estas razones, que pueden escapar al control del navegante, el buque bien puede, no estar en el punto que se ha deducido a base de Rumbos y Distancias, sino que estará en el punto que se determina por observaciones de astros o por demarcaciones a puntos terrestres.

De todas maneras, si deseamos deducir la corriente en una singladura o en cualquier momento haciendo abstracción de los efectos no controlados, bastará calcular el Rumbo y distancia en el Punto estimado y el observado.

La dirección de la corriente sería el rumbo que hay entre el Pe al Po; y la intensidad de la corriente la distancia entre ellos en el lapso comprendido entre las situaciones observadas.

Ejemplo:

El 3 de Mayo la posición observada a mediodía fue  $Lo = 25^{\circ} 43',2$  S.  $Go = 104^{\circ} 52',6$  E y la estimada  $Le = 25^{\circ} 52',8$  S  $Ge = 104^{\circ} 30',6$  E. Se pide la corriente.

$$\begin{array}{rcl} Lo & = & 25^{\circ} \quad 43',2 \quad S \\ Le & = & 25 \quad 52',8 \quad S \\ l & = & \quad \quad 9',6 \quad N \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} Go & = & 104 \quad 52',6 \quad E \\ Ge & = & 104 \quad 30',6 \quad E \\ g & = & \quad \quad 22',0 \quad E \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} Lm & = & 25^{\circ},8 \quad | \quad ap = 19',8 \quad E \\ g & = & 22',0 \quad E \quad | \quad l = 9',6 \quad N \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} Rv & = & N \quad 64^{\circ} \quad E = 064^{\circ} \\ D & = & 22' \end{array}$$

Corriente al  $064^{\circ}$  = Veloc. 22' en la singladura.

## 8.13 ORTODROMICA.

Se sabe que si se unen dos puntos de la superficie terrestre por un arco de círculo máximo, la extensión de este arco es la menor distancia que los separa. Cuando un buque navega siguiendo este círculo máximo, se dice que está navegando por ortodrómica y tiene la desventaja de formar ángulos desiguales con los meridianos, según se ha visto al tratar la loxodrómica en la que ésta forma un ángulo constante con todos ellos; pero en cambio aventaja a esta última en la menor distancia, circunstancia importante para cualquiera clase de buque, pues representa economía de tiempo y combustible. Un buque que navega por ortodrómica deberá enmendarse el rumbo constantemente, a fin de mantenerse lo más cerca posible del círculo máximo, la derrota será tanto más próxima a este círculo cuanto más frecuente sea dicho cambio y, resultará por lo tanto, formada por pequeñas loxodrómicas cercanas a él.

Si se dibujan las dos derrota sobre una carta Mercator, la loxodrómica estará representada por una línea recta ACB en las figuras 8.13 pero la ortodrómica aparecerá formada por la curva ADB, con la parte convexa siempre hacia el "polo elevado". Parece a primera vista que la curva de la ortodrómica fuera más larga que la loxodrómica, pero no es así en realidad, porque la ortodrómica atraviesa en la carta regiones de latitudes más elevadas, donde el aumento que produce la proyección Mercator es mayor.

Si un lugar está en el HN y el otro en el HS la derrota ortodrómica cortará a la derrota loxodrómica, parte de ella quedará al lado Sur de la loxodrómica y parte al Norte, tal como se ve en la figura 8.13-a.

El punto donde una ortodrómica alcanza su más alta "Latitud" se llama "Vértice de la Ortodrómica".

En las siguientes circunstancias la ortodrómica no es sensiblemente más corta que la loxodrómica:

- 1º) En pequeñas distancias, ambas coinciden.
- 2º) La loxodrómica entre dos lugares que tengan poca diferencia de longitud, es muy cercana al círculo máximo.
- 3º) El Ecuador es loxodrómica y ortodrómica a la vez; luego los paralelos cercanos al Ecuador son casi círculos máximos; es decir que en latitudes bajas ambas se confunden prácticamente.



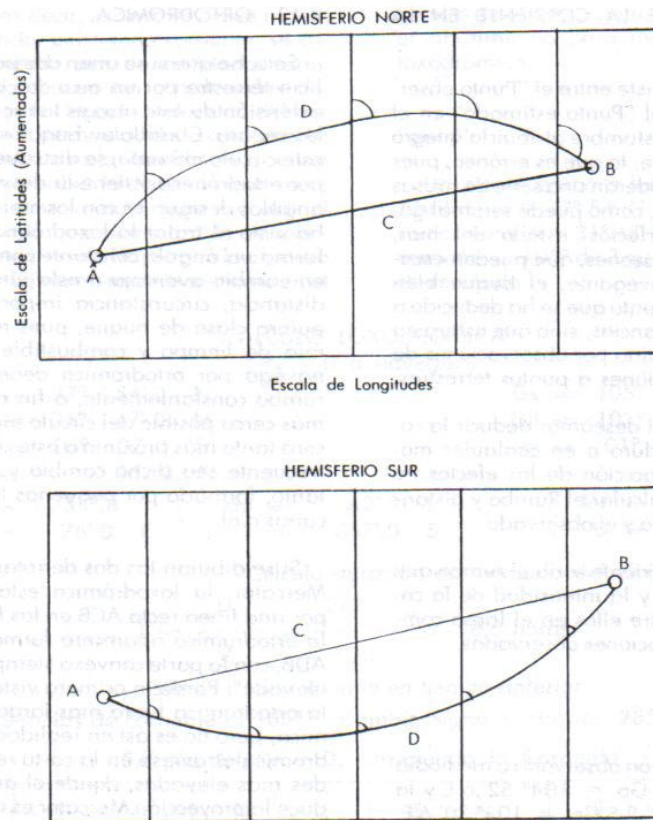


Figura 8.13

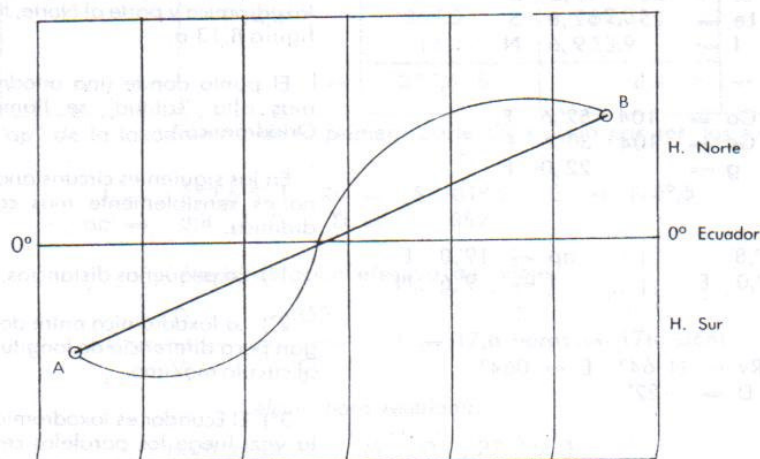


Figura 8.13-a

El trazado de una ortodrómica en las cartas Mercator se hace determinando las coordenadas de varios puntos de la ortodrómica y situándolas en la carta; la unión de ellos dará la ortodrómica.

Los puntos pueden ser determinados sacándolos directamente de las cartas gnomónicas como se explicó en el capítulo II, o bien por medio del cálculo como se explica más adelante.

Para que un buque siga la derrota ortodrómica trazada en una carta Mercator, lo hará navegando loxodrómicas pequeñas entre puntos de la ortodrómica. Generalmente son loxodrómicas de extensión equivalente a una singladura.

#### 8.14 CARTAS GNOMONICAS.

Cuando se trabaja con círculos máximos debe tenerse una carta en las que su trazado sea una línea recta, en igual forma que cuando se trabaja con loxodrómicas, tener una carta Mercator donde su trazado es una recta. Las cartas que reúnen estas condiciones para la ortodrómica son las gnomónicas y están tratadas en el capítulo II.

#### 8.15 CALCULO DE UNA ORTODROMICA.

El uso de las cartas gnomónicas, de las cartas inglesas en proyección Mercator, como así mismo Los Pilot Chart de los EE. UU. de A. que traen trazadas las rutas ortodrómicas más comunes entre diferentes partes de la tierra, hace poco común el sistema de determinar una ortodrómica por medio del cálculo; prefiriéndose el uso de las Cartas por lo práctico, rápido y seguro.

Hay varias maneras de determinar una ortodrómica por medio del cálculo, pero veremos en este capítulo los siguientes:

- Método trigonométrico.
- Método por tabla Ageton H. O. 211.
- Método por tablas H. O. 214.

El método trigonométrico consiste en resolver el triángulo esférico Polo - Pto. salida - Pto. llegada aplicando las Analogías de Napier: (Fig. 8.15-a).

Efectuando el cálculo logarítmico, se tendrán los valores de A y B, cuyas denominaciones dependerán de las posiciones relativas de ambos puntos. Estos valores corresponderán al rumbo de salida y de llegada respectivamente.

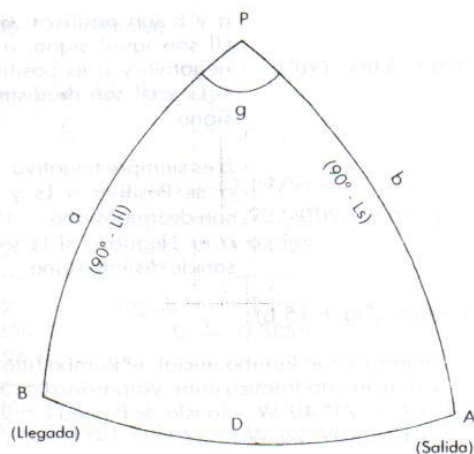


Figura 8.15-a

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (A + B) = \frac{\cos \frac{1}{2} (a - b)}{\cos \frac{1}{2} (a + b)} \times \operatorname{cotg} \frac{1}{2} P.$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (A - B) = \frac{\operatorname{sen} \frac{1}{2} (a - b)}{\operatorname{sen} \frac{1}{2} (a + b)} \times \operatorname{cotg} \frac{1}{2} P.$$

Al desarrollar estas fórmulas, se deberá tener en cuenta el signo de las líneas trigonométricas, antes de encontrar el ángulo correspondiente a la tangente;  $\operatorname{Cotg} \frac{1}{2} P$  será siempre positivo, los senos también; pero el coseno de  $\frac{1}{2} (a + b)$  puede resultar negativo si  $\frac{1}{2} (a + b)$  es mayor de 90 grados, en cuyo caso  $\operatorname{tg} \frac{1}{2} (A + B)$  será también negativo y por lo tanto  $\frac{1}{2} (A + B)$  mayor de 90 grados.

Para obtener la distancia ortodrómica aplicamos la fórmula del coseno:

$$\operatorname{Cos} AB = \cos a \cos b + \operatorname{sen} a \operatorname{sen} b \cos P.$$

Si introducimos las coordenadas de salida y llegada tendremos:

$$\cos D = \cos (90 - LII) \cos (90 - Ls) + \operatorname{sen} (90 - LII) \operatorname{sen} (90 - Ls) \cos g.$$

$$\cos D = \underbrace{\operatorname{sen} Ls}_{a} \underbrace{\operatorname{sen} LII}_{b} + \underbrace{\cos Ls}_{a} \underbrace{\cos LII}_{b} \cos g.$$

que se resolverá por logaritmos, tomando en cuenta las siguientes reglas:



si  $g < 6$  hrs. ( $90^\circ$ )  
 a y b son positivos, si Ls  
 LII son igual signo; a es  
 negativo y b es positivo,  
 si Ls y LII son de distinto  
 signo.

si  $g > 6$  h. ( $90^\circ$ )  
 b es siempre negativo.  
 a es Positivo si Ls y LII  
 son de igual signo.  
 a es Negativo si Ls y LII  
 son de distinto signo.

Ejemplo (Fig. 8.15-b).

Determinar el Rumbo inicial, el Rumbo final y  
 la distancia ortodrómica entre Valparaíso L =  $33^\circ$   
 $02' S$ . G =  $71^\circ 40' W$ . y la isla de Pascua L =  $27^\circ$   
 $10' S$ . G =  $109^\circ 26' W$ .

Método trigonométrico

$$\begin{aligned} v &= 90^\circ - LII = 62^\circ 50' \\ p &= 90^\circ - Ls = 56^\circ 58' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} v + p &= 119^\circ 48' \\ \frac{1}{2} (v + p) &= 59^\circ 54' \\ v - p &= 05^\circ 52' \\ \frac{1}{2} (v - p) &= 02^\circ 56' \end{aligned}$$

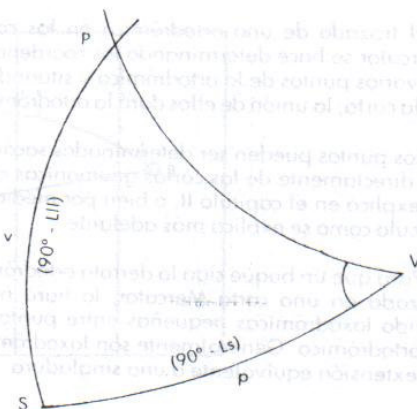


Figura 8.15-b

$$\begin{aligned} Gs &= 71^\circ 40',0 W. \\ GII &= 109^\circ 26',0 W. \\ g &= 37^\circ 46,0 W. \\ \frac{1}{2} g &= 18^\circ 53',0 W. \end{aligned}$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (V + P) = \frac{\cos \frac{1}{2} (v - p)}{\cos \frac{1}{2} (v + p)} \operatorname{Cotg} \frac{1}{2} g.$$

$$\operatorname{tg} \frac{1}{2} (V - P) = \frac{\operatorname{sen} \frac{1}{2} (v - p)}{\operatorname{sen} \frac{1}{2} (v + p)} \operatorname{Cotg} \frac{1}{2} g.$$

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (v - p) &= 02^\circ 56' \\ \frac{1}{2} (v + p) &= 59^\circ 54' \\ \frac{1}{2} g &= 18^\circ 53' \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log \cos &= 1,99943 \\ \operatorname{colg} \cos &= 0,29972 \\ \operatorname{colg} \operatorname{tg} &= 0,46591 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log \operatorname{sen} &= 2,70905 \\ \operatorname{colg} \operatorname{sen} &= 0,06291 \\ \operatorname{colg} \operatorname{tg} &= 0,46591 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \log \operatorname{tg} \frac{1}{2} (V+P) &= 0,76506 & \log \operatorname{tg} \frac{1}{2} (V - P) &= 1,23787 \\ \frac{1}{2} (V+P) &= 80^\circ,2 & \frac{1}{2} (V - P) &= 09^\circ,8 \end{aligned}$$

Cálculo del Ri y Rf.

$$\begin{aligned} \frac{1}{2} (V + P) &= 80^\circ,2 \\ \frac{1}{2} (V - P) &= 09^\circ,8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sumando: } V &= 90,0 \\ \text{restando: } P &= 70,4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Luego el Ri} &= W = 270^\circ \\ \text{Rf} &= N70,4W = 289^\circ,6 \end{aligned}$$

## Cálculo de la Distancia Ortodrómica

$$\cos D = \frac{\sin L_s \sin L_{II} + \cos L_s \cos L_{II} \cos g}{a \quad b}$$

$$g = 37^\circ 46'$$

$$L_s = 33^\circ 02'S$$

$$L_{II} = 27^\circ 10'S$$

$$\log \sin = 1,73650$$

$$\log \sin = 1,65952$$

$$\log \cos = 1,89791$$

$$\log \cos = 1,92343$$

$$\log \cos = 1,94923$$

$$\log a = 1,39602$$

$$a = + 0,2489$$

$$b = + 0,5896$$

$$\log b = 1,77057$$

$$b = 0,5896$$

$$\cos D = + 0,8385$$

$$D = 33^\circ 01' = 1981 \text{ millas}$$

## 8.16 COORDENADAS DEL VÉRTICE.

de donde

$$\operatorname{tg} g_v = \frac{\operatorname{ctg} R_i}{\sin L_s}$$

El vértice de la ortodrómica es el punto de ella que alcanza la latitud más alta y es conveniente determinarlo a fin de darse cuenta de las regiones que atraviesa. Además el vértice es un punto auxiliar que sirve para simplificar el cálculo de obtener diferentes puntos de la ortodrómica para situarlos en la carta Mercator.

Se sabe que el ecuador bisecta a todo círculo máximo que pasa por dos puntos y, en cada hemisferio, el punto más alejado del ecuador es el "vértice" de dicho círculo, esto es, de la "ortodrómica". Este punto se encuentra a  $90^\circ$  de Longitud del punto en que la "ortodrómica corta al ecuador".

El meridiano que pasa por el vértice es perpendicular a la ortodrómica; luego si en la figura 8.16 "A" es el punto de salida, "B" el de llegada, AB será la ortodrómica donde "V" es el vértice y PV el meridiano perpendicular a la ortodrómica AB.

Apliquemos la fórmula del seno.

$$\operatorname{Sen} R_i = \frac{\operatorname{Sen} PV}{\operatorname{Sen} PA} = \frac{\operatorname{Sen} (90^\circ - L_v)}{\operatorname{Sen} (90^\circ - L_s)} = \frac{\cos L_v}{\cos L_s}$$

de donde  $\cos L_v = \operatorname{Sen} R_i \cos L_s$

Si aplicamos la fórmula de las cotangentes o regla de Manduit tendremos:

$$\begin{aligned} \cos PA &= \operatorname{ctg} VPA \operatorname{ctg} A. \\ \cos (90^\circ - L_s) &= \operatorname{ctg} g_v \operatorname{ctg} R_i. \end{aligned}$$

en cuya relación  $g_v$  es la diferencia entre las longitudes del vértice y del punto de salida.

Cuando los ángulos en A ( $R_i$ ) y en B ( $R_f$ ) son al mismo tiempo mayores o menores de  $90^\circ$  el vértice cercano queda entre A y B; es decir, dentro del triángulo ortodrómico formado por los puntos de salida, de llegada y el polo; pero si uno de ellos es mayor de  $90^\circ$  y el otro menor de  $90^\circ$ , los

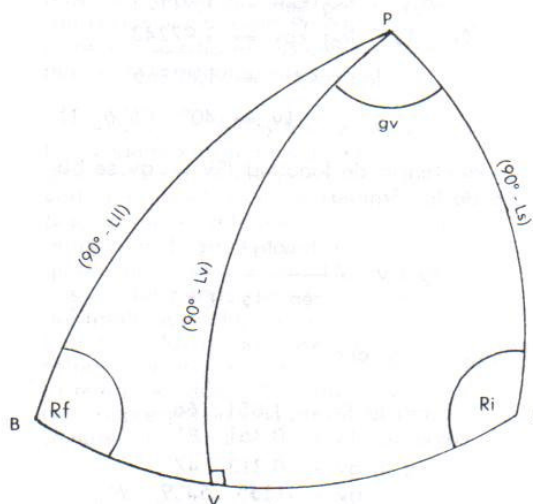


Figura 8.16



dos vértices quedan fuera del triángulo. En este caso, es de importancia considerar que el Ri y Rf deben tomarse al interior del triángulo ortodrómico; o sea, a contar del polo elevado del punto de salida y en dirección del punto de llegada o de salida respectivamente.

Ejemplo:

Calcular las coordenadas de los vértices de la ortodrómica entre Iquique L = 20° 12' S. G = 70°

10° W. y Yokohama L = 34° 50' N. G = 139° 45' E, sabiendo que Ri = N 54°,6 W. y Rf = S 68°,8 W.; los que reducidos al polo elevado del punto de salida y en dirección hacia el punto de llegada y de salida respectivamente nos dan: Ri (I) = S 125°,4 W. y Rf (Y) = S 111°,2 E. Ambos son mayores de 90° luego en ese caso el vértice (V) queda dentro del triángulo ortodrómico.

Aplicando la fórmula  $\cos Lv = \sin Ri \cos Ls$  resolveremos el triángulo ISV de la figura 8.16-a.

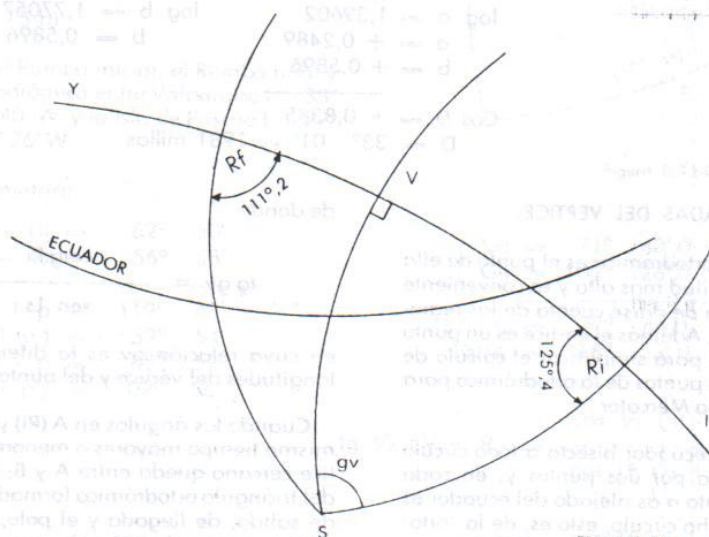


Figura 8.16-a

$$\begin{aligned} Ri &= 125^{\circ},4 & \log \sin &= 1,91123 \\ Ls &= 20^{\circ}, 12' & \log \cos &= 1,97243 \\ \log \cos Lv &= 1,88366 \\ Lv &= 40^{\circ} 05',6 \text{ N.} \end{aligned}$$

La diferencia de longitud ISV = gv se obtiene de la fórmula:

$$\operatorname{tg} gv = \frac{\cotg Ri \quad (-)}{\sin Ls \quad (+)}$$

entonces  $gv > 90^{\circ}$

$$\begin{aligned} \operatorname{colog} \operatorname{tg} Ri &= 1,851 \quad 66 \\ \operatorname{colog} \sin Ls &= 0,461 \quad 81 \\ \operatorname{log} \operatorname{tg} gv &= 0,313 \quad 47 \\ gv &= 115^{\circ} 54',9 \text{ W} \\ G &= 70^{\circ} 10',0 \\ Gv &= 173^{\circ} 55',1 \text{ E.} \end{aligned}$$

Otro ejemplo:

Calcular las coordenadas de los vértices de la ortodrómica navegando de Barbados Ls = 13° 00' N. Gs = 59° 40' W. a Santa Elena LI = 15° 55' S. GII = 05° 45' W. sabiendo que el Ri = S. 63°,5 E. Rf = S. 64°,5 E.

Luego en el triángulo ortodrómico de la figura 8.16-b siendo el ángulo NBE mayor que 90° y el ángulo NEB menor que 90°, los vértices se hallan fuera del triángulo ortodrómico NBE en Vn. y Vs.

Si aplicamos la fórmula  $\cos Lv = \sin Ri \cos Ls$  y tomamos el valor Ri = 116°,5, resolveremos el triángulo NBVs.

Cálculo de las Coordenadas del Vértice.

$$\begin{aligned} Ri &= 116^{\circ},5 & \log \sin &= 1,951 \quad 79 \\ Ls &= 13^{\circ} 00', \text{ N} & \log \cos &= 1,988 \quad 72 \\ \log \cos Lv &= 1,940 \quad 51 \\ Lv &= 29^{\circ} 18',5 \text{ N-S} \end{aligned}$$

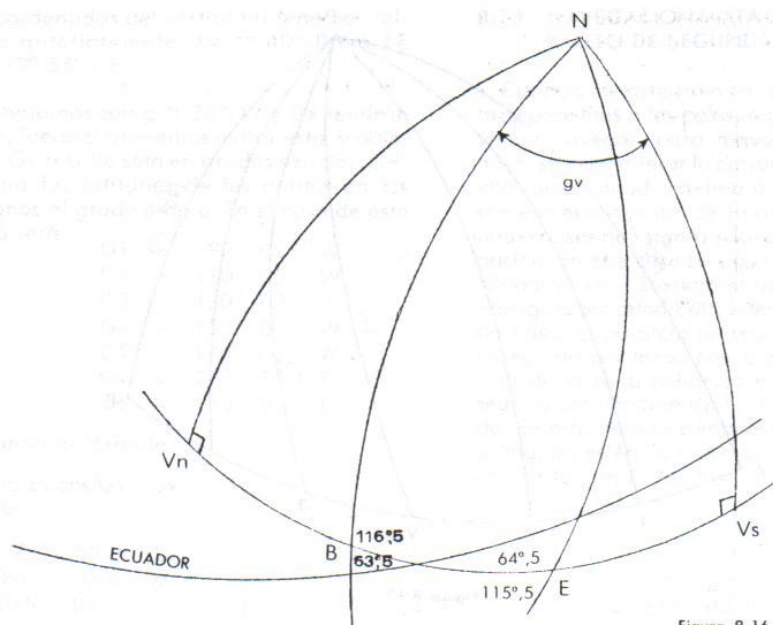


Figura 8.16-b

$$\text{tg gv} = \frac{\text{cotg. Ri} (-)}{\text{sen Ls} (+)}$$

$$\begin{aligned} \text{colog tg Ri} &= 1,697 \ 74 \\ \text{colog sen L} &= 0,647 \ 91 \\ \hline \text{log tg gv} &= 0,345 \ 65 \\ \text{gv} &= 114^{\circ} \ 17',1 \ \text{E} \end{aligned}$$

entonces  $\text{gv} > 90^{\circ}$

como los vértices están separados 180 grados en longitud, la diferencia entre B y el vértice Norte (Vn) será  $180^{\circ}$  menos gv y las coordenadas de los vértices serán:

$$\begin{aligned} \text{Gs} &= 59^{\circ} \ 40',0 \ \text{W} \\ \text{gv} &= 114^{\circ} \ 17',1 \ \text{E} \\ \text{GVs} &= 54^{\circ} \ 37',1 \ \text{E} \\ \text{LVs} &= 29^{\circ} \ 18',5 \ \text{S} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Gs} &= 59^{\circ} \ 40',0 \ \text{W} \\ 180\text{-gv} &= 65 \ 42,9 \ \text{W} \\ \text{GVn} &= 125 \ 22,9 \ \text{W} \\ \text{LVn} &= 29^{\circ} \ 18',5 \ \text{N} \end{aligned}$$

#### 8.17 DETERMINACION DE VARIOS PUNTOS DE LA ORTODROMICA.

En las cartas de proyección Mercator que son, como sabemos, los usados en los puentes de las naves para la navegación, las ortodrómicas se

proyectan según una línea quebrada que es cercana al círculo máximo. Para trazarla en la carta, es necesario calcular las coordenadas de varios puntos de la ortodrómica.

Una vez calculadas las coordenadas del vértice, podemos fácilmente deducir cualquiera otra coordenada, basándose en el ángulo recto del vértice, para ello se hace variar el ángulo en el polo, o sea la diferencia en longitud entre el punto considerado y el vértice una cantidad cualquiera de grados 5, 10, 15, 20 etc. según se desee, obteniendo inmediatamente la longitud del punto deseado, por suma o diferencia y, la latitud de los puntos, resolviendo el triángulo esférico rectángulo formado, ya sea, aplicando la regla Manduit, o la fórmula general puesto que conocemos un lado y un ángulo ( $90^{\circ}$ -Lv y gx y se desea calcular Lx).

Supongamos que en la figura 8.17 hemos tomado una diferencia de longitud de 10 grados y que hemos usado los meridianos: 1, 2, 3, 4, etc.



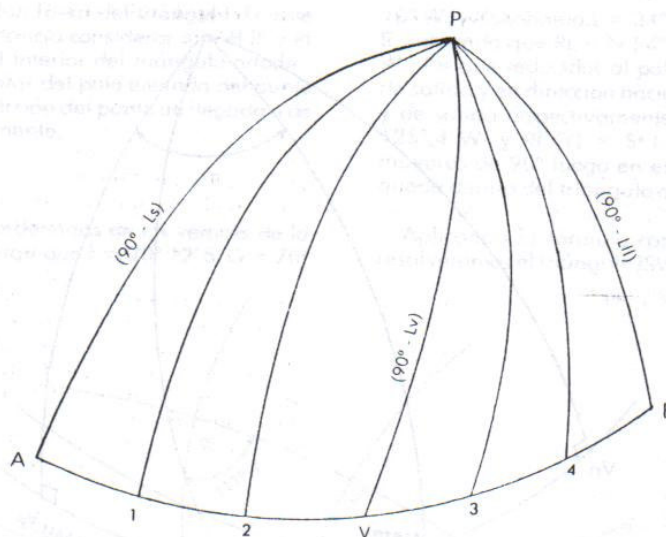


Figura 8.17

resolviéndose los triángulos esféricos rectángulos: 1VP, 2VP, PV3, PV4, etc., formados con el meridiano que pasa por el vértice V, en los cuales se conoce el lado común PV o colatitud del vértice que como hemos dicho se calcula previamente y el ángulo en P, que es igual a la diferencia de longitud entre cada meridiano y el vértice.

Aplicando la fórmula del coseno, se tiene

$$\cos \text{ángulo} = \frac{\text{tg cateto adyacente}}{\text{tg hipotenusa}}$$

En el triángulo 1 VP:

$$\cos P = \frac{\text{tg PV}}{\text{tg P1}}$$

$$\cos (Gv \sim G1) = \frac{\text{tg } (90 - Lv)}{\text{tg } (90 - L1)}$$

$$= \frac{\text{cotg } Lv}{\text{cotg } L1} = \frac{\text{tg } L1}{\text{tg } Lv}$$

de donde  $\text{tg } L1 = \text{tg } Lv \cos (Gv \sim G1)$   
análogamente, en el triángulo PV3, se tiene

$$\cos (Gv \sim G3) = \frac{\text{tg } (90 - Lv)}{\text{tg } (90 - L3)} = \frac{\text{tg } L3}{\text{tg } Lv}$$

de donde  $\text{tg } L3 = \text{tg } Lv \cos (Gv \sim G3)$ .  
y en general

$$\text{tg } Lx = \text{tg } Lv \cos (Gv \sim Gx).$$

Si  $\text{tg } Lx$  es positivo, el signo  $Lx$  es igual al de  $Lv$ , pero si  $\text{tg } Lx$  es negativo, lo que ocurre cuando  $(G \sim Gx)$  es mayor de  $90^\circ$ , la ortodrómica ha cruzado el Ecuador y por lo tanto, el signo de  $Lx$  es opuesto al de  $Lv$ .

Ejemplo:

Calcular las coordenadas de la ortodrómica de Iquique a Yokohama de 20 en 20 grados de longitud.

|          |                                      |
|----------|--------------------------------------|
|          | $Ls = 20 \quad 12' \text{ S}$        |
| Iquique  | $Gs = 70 \quad 10' \text{ W}$        |
|          | $LII = 34^\circ \quad 50' \text{ N}$ |
| Yokohama | $GII = 139 \quad 45' \text{ E}$      |

Las coordenadas del vértice las tenemos calculadas anteriormente:  $L_v = 40^\circ 05',6$  N,  $G_v = 173^\circ 55',1$  E.

Si trabajamos con  $g = 20^\circ$ ,  $L_x$  y  $G_x$  tendrán minutos, luego si queremos evitar esto, y obtener que  $G_x$  resulte sólo en grados exactos, calcularemos las latitudes de los puntos en los meridianos al grado entero. En el caso de este ejemplo será:

|         |     |      |   |
|---------|-----|------|---|
| $G1 =$  | 90  | 00   | W |
| $G2 =$  | 110 | 00   | W |
| $G3 =$  | 130 | 00   | W |
| $G4 =$  | 150 | 00   | W |
| $G5 =$  | 170 | 00   | W |
| $G_v =$ | 173 | 55,1 | E |
| $G6 =$  | 150 | 00   | E |

Aplicando la fórmula:

$\lg L_x = \lg L_v \cos(G_v \sim G_x)$   
tendremos:

$G_v = 173^\circ 55',1$  E.  
 $G1 = 090^\circ 00',0$  W  
 $g1 = 096^\circ 04',9$

$g2 = 76^\circ 04',9$

$g3 = 56^\circ 04',9$

$\lg \lg L_v = \bar{1},925 \ 25$

$\lg \lg L_v = \bar{1},925 \ 25$

$\lg \lg L_v = \bar{1},92525$

$\lg \cos g1 = \bar{1},025 \ 08$

$\lg \cos g2 = \bar{1},381 \ 19$

$\lg \cos g^3 = \bar{1},74664$

$\lg \lg L1 = \bar{1},950 \ 33$

$\lg \lg L2 = \bar{1},306 \ 44$

$\lg \lg L3 = \bar{1},67189$

$L1 = 05^\circ 05',8$  S  
 $G1 = 90^\circ 00',0$  W

$L2 = 11^\circ 26',9$  N  
 $G2 = 110^\circ 00',0$  W

$L3 = 25^\circ 09',8$  N  
 $G3 = 130^\circ 00',0$  W

$g4 = 36^\circ 04',9$

$g5 = 16^\circ 04',9$

$g6 = 23^\circ 55'$

$\lg \lg L_v = \bar{1},925 \ 25$

$\lg \lg L_v = \bar{1},925 \ 25$

$\lg \lg L_v = \bar{1},92525$

$\lg \cos g4 = \bar{1},907 \ 51$

$\lg \cos g5 = \bar{1},982 \ 66$

$\lg \cos g6 = \bar{1},96101$

$\lg \lg L4 = \bar{1},832 \ 76$

$\lg \lg L5 = \bar{1},907 \ 91$

$\lg \lg L6 = \bar{1},88626$

$L4 = 34^\circ 13',8$  N  
 $G4 = 150^\circ 00',0$  W

$L5 = 38^\circ 58',2$  N  
 $G5 = 170^\circ 00',0$  W

$L6 = 37^\circ 34',9$  N  
 $G6 = 150^\circ 00',0$  E

El signo de  $L1$  resulta opuesto al de  $L_v$ , porque  $(G_v \sim G1)$  es mayor de  $90^\circ$ .

Todos estos puntos se sitúan enseguida en la carta Mercator y obtiene así la curva de la ortodrómica.

En el caso de una ortodrómica en el que los vértices quedan fuera del triángulo, se procede en forma análoga, empleando cualesquiera de los vértices de la ortodrómica.

## 8.18 NAVEGACION MIXTA O COMPUESTA (PARALELO DE SEGURIDAD)

Cuando la ortodrómica atraviesa regiones muy próximas a los polos, por los cuales no convenga navegar, para mayor seguridad de la nave, se debe alterar la derrota, fijando un paralelo como latitud máxima a navegar, evitando con ello el encuentro de su ruta con témpanos u otras causas que signifiquen peligros en su navegación. En este caso se sigue una derrota mixta (Ortodrómica - Loxodrómica), para lo cual, se navegará por ortodrómica desde el punto de salida hasta el paralelo de seguridad, navegando enseguida por loxodrómica este paralelo hasta salir de la zona peligrosa en que nuevamente seguirá por ortodrómica hasta el punto de llegada. En esta derrota compuesta se formarán dos triángulos esféricos rectángulos en el vértice (V), en cada uno de los cuales se conocen

$(90-LV$  y  $90-LH)$  y  $(90-LV$  y  $90-LH')$ , pudiendo calcularse la diferencia de longitud  $g(V-H) = g(V-H')$ , la que por suma o resta con la longitud del vértice junto con la latitud del paralelo de seguridad formarán las coordenadas de los puntos H y H'. Enseguida se calculará el arco ortodrómico  $(V-H) = (V-H')$  ambos = "d".

La distancia navegada por loxodrómica  $(H-H') = "a"$  se obtiene del producto de  $g(H-H') \cdot \cos LH$  (latitud de H).



Supongamos que la ortodrómica entre A y B, figura 8.18, cruce el paralelo  $H H'$  más al S del cual no se desea pasar; se navegará por ortodrómica desde A hasta H, enseguida se seguirá

el paralelo en loxodrómica hasta  $H'$  y nuevamente por ortodrómica desde  $H'$  hasta B; por consiguiente, se necesita calcular la longitud de  $H, H'$  y la distancia  $A H'$ .

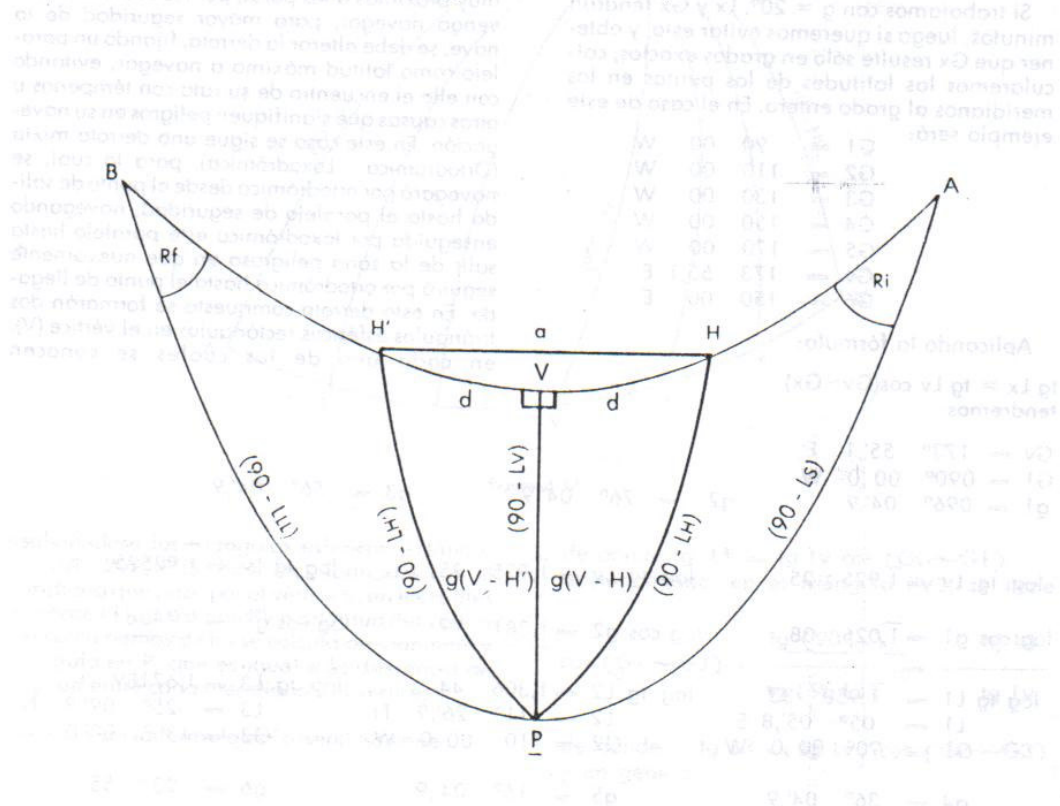


Figura 8.18

Para ello se considerarán rectángulos en V los triángulos AVP y BVP. Aplicando la fórmula del coseno se tiene:

$$\cos g(V-H) = \cotg(90-LH) * \tg(90-LV); \cos g(V-H') = \tg LH * \cotg Lv$$

$$g(V-H') = "p"; g(H-H') = 2p$$

Estas relaciones al aplicarse a la longitud del vértice dan las longitudes de H y H'. Sus latitudes son iguales a las del paralelo límite (seguridad). Los datos de la distancia mixta y el cálculo de la ortodrómica se efectúa de la manera siguiente:

DO-Ri-LV-GV - mediante las fórmulas trigonométricas

$$\begin{aligned} Do &= \cos^{-1} \left[ \frac{(\sin Ls * \sin LII) + (\cos Ls * \cos LII * \cos g)}{\sin g} \right] \\ Ri &= \cos^{-1} \left[ \frac{(\cos Ls * \tan LII) - (\sin Ls * \cos g)}{\sin g} \right] \end{aligned}$$

Si el nombre de la latitud de destinación es contraria a la de salida, debe ser tratada como una cantidad negativa.

$$Lv = \cos^{-1} (\cos Ls * \sin Ri) ; gv_s = \sin^{-1} \left( \frac{\cos Ri}{\sin Lv} \right)$$

Dv<sub>s</sub> = Distancia al vértice desde el punto de partida

$$Dv_s = \sin^{-1} (\cos Ls * \sin gv_s)$$

Dv<sub>L</sub> = Distancia al vértice desde el punto de destino

$$Dv_L = \sin^{-1} (\cos LII * \sin gv_L)$$

ARCO ORTODROMICO "d"

Triángulo HVP y H'VP (rectángulos en V)

$$HV = H'V = d; d = \cos^{-1} \left( \frac{\sin LH}{\sin Lv} \right)$$

$$g(V-H) = \cos^{-1} \left( \frac{\tan LH}{\tan Lv} \right)$$



## ARCO LOXODROMICO "a"

$$g(H-H') = 2p \text{ (en minutos)}; a = 2p \cdot \cos LH \quad \text{Luego: Dist. Mixta} = DO - 2d + 2p \cdot \cos LH$$

## ARCO ORTODROMICO "AH y BH"

Triángulo rectángulo AVP y BVP (rectángulo en V)

$$\text{Distancia AH} = AV - d; \text{AH}' = BV - d$$

$$AV = \text{sen}^{-1} (\cos L_s \cdot \text{sen } g_v_s); \quad g_v_s \text{ Dif. long. entre Pto. salida y long vértice}$$

$$BV = \text{sen}^{-1} (\cos L_{II} \cdot \text{sen } g_{v_{II}}); \quad g_{v_{II}} \text{ Dif. long. entre Pto. llegada y long vértice}$$

## EJEMPLO:

En la navegación de Valparaíso a Dunedin (Nueva Zelanda) no se desea pasar más al sur del paralelo  $50^\circ$  S.

$$\text{Valparaíso: } L_s = 33^\circ 02' \text{ S}$$

$$\text{Dunedin: } L_{II} = 45^\circ 53' \text{ S}$$

$$G_s = 71^\circ 38' \text{ W}$$

$$G_{II} = 170^\circ 33' \text{ E}$$

Calcular las coordenadas de H y H', distancia AH y H'B, distancia loxodrómica HH' y distancia mixta total.

$$g = 117^\circ 49'$$

$$Do = \cos^{-1} [(\text{sen } 33^\circ 02' \cdot \text{sen } 45^\circ 53') + (\cos 33^\circ 02' \cdot \cos 45^\circ 53' \cdot \cos 117^\circ 49')]$$

$$= \cos^{-1} [(0,54513 \cdot 0,7179) + (0,83835 \cdot 0,69612 \cdot -0,46664)]$$

$$= \cos^{-1} [(0,3913596) + (-0,27233)]$$

$$= \cos^{-1} 0,11902799$$

$$Do = 83^\circ 10' \cdot 60 = 4990 \text{ millas}$$

$$\begin{aligned} Ri &= \text{tg}^{-1} \left[ \frac{\text{sen } 117^\circ 49'}{(\cos 33^\circ 02' \cdot \text{tg } 45^\circ 53') - (\text{sen } 33^\circ 02' \cdot \cos 117^\circ 49')} \right] \\ &= \text{tg}^{-1} \left[ \frac{0,88444527}{(0,83835 \cdot 1,0313195) - (0,5451268 \cdot -0,466644)} \right] \\ &= \text{tg}^{-1} \left[ \frac{0,88444527}{(0,8646067) - (-0,25438014)} \right] \end{aligned}$$

$$= \operatorname{tg}^{-1} \left[ \frac{0,88444527}{1,1189868} \right]$$

$$= \operatorname{tg}^{-1} 0,790395674$$

$$R_i = 038^{\circ} 19' 22'' \approx S 038,3 W \quad R_v = 218^{\circ},3$$

$$L_v = \cos^{-1} (\cos 33^{\circ} 02' * \sin 38^{\circ},3)$$

$$= \cos^{-1} (0,838353 * 0,619779)$$

$$= \cos^{-1} (0,5195935)$$

$$L_v = 58^{\circ} 41' 43'' \approx 58^{\circ},695$$

$$g_v = \sin^{-1} \left( \frac{\cos 38,3}{\sin 58^{\circ},695} \right)$$

$$= \sin^{-1} \left( \frac{0,784776}{0,854412} \right)$$

$$g_v = 66^{\circ} 42' 22'' \quad G_v = G_s + g_v = 71^{\circ} 38' + 66^{\circ} 42' 22'' = 138^{\circ} 20',4 W$$

DISTANCIA AL VERTICE (AV) (BV)

$$AV = \sin^{-1} (\cos 33^{\circ} 02' * \sin 66^{\circ} 42',4) \quad AV = \sin^{-1} (0,7700158)$$

$$AV = 50^{\circ},35528 \times 60 = 3021 \text{ millas} \quad g_{vII} = (180^{\circ} - 170^{\circ} 33') + (180^{\circ} - 138^{\circ} 20',4)$$

$$g_{vII} = 51^{\circ},1083 \quad BV = \sin^{-1} (\cos 45^{\circ} 53' * \sin 51^{\circ},1083)$$

$$BV = \sin^{-1} 0,5417484 \quad BV = 32^{\circ},80277 \times 60 = 1968 \text{ millas}$$

ARCO ORTODROMICO "d"

$$d = \cos^{-1} \left( \frac{\sin 50^{\circ}}{\sin 58,695} \right)$$

$$d = \cos^{-1} 0,89656$$

$$d = 26^{\circ},2910 * 60$$

$$d = 1577 \text{ millas}$$

$$2d = 3154 \text{ millas}$$

COORDENADAS DE H, H' y CALCULO DE "p"

$$g(V-H) = \cos^{-1} \left( \frac{\operatorname{tg} 50}{\operatorname{tg} 58^{\circ},69} \right)$$



$$\begin{aligned}
 g(V-H) &= 43^\circ 56' \approx 43^\circ 33',5 \\
 p &= 43,56 \times 60 = 2613,6 \text{ millas} \\
 2p &= 2613,6 \times 2 = 5227,2 \text{ millas}
 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ll}
 Gv &= 138^\circ 20',4 & GV &= 138^\circ 20',4 \\
 g(V-H) &= 43^\circ 33',5 & g(V-H') &= 43^\circ 33',5 \\
 GH &= 94^\circ 46',9 \text{ W} & GH' &= 178^\circ 06',1 \text{ W} \\
 LH &= 50^\circ 00' \text{ S} & LH' &= 50^\circ 00' \text{ S}
 \end{array}$$

#### ARCO LOXODROMICO

$$\begin{aligned}
 a &= 2p \cdot \cos LH = 2613,6 \times 2 \cdot \cos 50 \\
 a &= 3360 \text{ millas}
 \end{aligned}$$

#### DIST. TOTAL A NAVEGAR

$$\begin{aligned}
 DM &= AV - 2d + a + BV \\
 3021 - 3154 + 3360 + 1968 &= 5195 \text{ millas}
 \end{aligned}$$

#### 8.19 RESOLUCION DE LA ORTODROMICA POR TABLA H. O. 211, AGETON (TABLA 35 DE BOWDITCH)

En vez de calcular, aplicando las fórmulas trigonométricas, se pueden calcular los diferentes elementos de la ortodrómica por la tabla H. O. 211 (Ageton), que figura en la Tabla 35 de Bowditch.

El método Ageton resuelve todo triángulo esférico rectángulo a base de las reglas de Manduit, que pueden enunciarse por: "La secante del elemento del medio de un triángulo esférico rectángulo es igual al producto de las cosecantes de los elementos opuestos, cambiando las líneas por las colíneas cuando están al lado del ángulo recto".

Como se ve, la regla emplea las "secantes y cosecantes"; ambas vienen tabuladas en la tabla para cada medio minuto de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  y dispuestas en columnas denominadas A y B, donde:

Multiplicadas por  
 A = log cosecante 100.000 para suprimir  
 B = log secante los decimales.

El navegante siempre conoce las coordenadas del punto en que está y las del cual se dirige.

Si situamos ambos puntos en una esfera que representa la tierra, podemos trazar los meridianos que pasan por A y B, puntos de salida y llegada respectivamente y además el círculo máximo que los une AB (Fig. 8.19), o sea, la ortodrómica; con lo que hemos formado el triángulo esférico PAB en el polo elevado del navegante, que se conoce con el nombre de "triángulo ortodrómico" debido a que su cálculo trigonométrico permite obtener cada uno de los elementos que determinan la derrota ortodrómica.

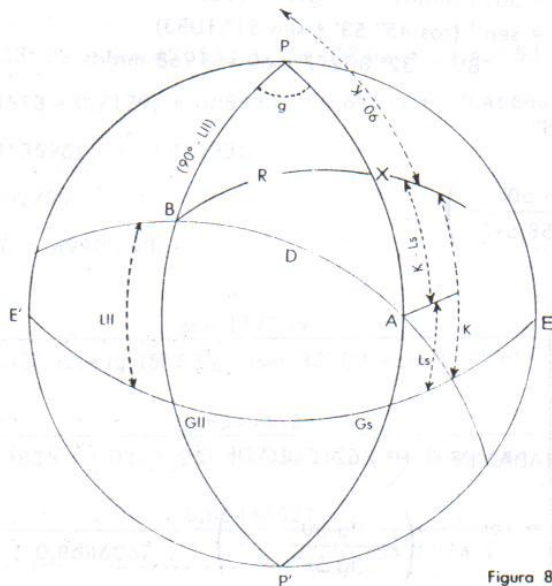


Figura 8.19

En este triángulo PAB se conocen: (Fig. 8.19).

$$PA = (90-Ls).$$

$$PB = (90-LII).$$

y el ángulo APB = diferencia de longitud entre A y B.

Este triángulo es por lo general oblicuángulo; pero para poder trabajar con la tabla H. O. 211, debemos transformarlo en esférico rectángulo; para conseguirlo bajamos una perpendicular desde el "punto de llegada" al meridiano en que está la nave, cuya intersección se denomina X y el lado auxiliar BX, es costumbre llamarlo R.

Si denominamos por K el arco de meridiano comprendido entre el Ecuador y el punto X, tendremos que  $PX = (90-K)$ .

#### 8.20 CALCULO DEL RUMBO INICIAL Y DE LA DISTANCIA ORTODROMICA.

Lo primero que habrá que calcular es el rumbo con que se iniciará la travesía, "Rumbo inicial" (Ri); para lo cual en el triángulo esférico rectangular PXB de la figura 8.19 se conoce:

ángulo P = diferencia de longitud (g)  
lado PB = (90-LII).

Estos elementos nos permiten aplicar Manduit y deducir las fórmulas para calcular R y K.

$$\begin{aligned} \operatorname{cosec} R &= \operatorname{cosec} g \operatorname{cosec} (90-LII) \\ &= \operatorname{cosec} g \sec LII \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sec (90-LII) &= \sec (90-K) \sec R. \\ \operatorname{cosec} LII &= \operatorname{cosec} K \sec R. \end{aligned}$$

$$\text{entonces: } \operatorname{cosec} K = \frac{\operatorname{cosec} LII}{\sec R} \quad (2)$$

Si a K le damos el signo de la "Latitud de llegada" podemos combinarlo algebraicamente con la Latitud en que está la nave para deducir  $(K-L)$  y en el triángulo BXA se conocerán dos elementos:

el lado XB = R y el lado XA =  $(K-Ls)$

de donde  $\sec D = \sec R \sec (K-Ls)$  (3)

$\operatorname{cosec} R = \operatorname{cosec} Ri \operatorname{cosec} D.$

$$\text{de donde } \operatorname{cosec} Ri = \frac{\operatorname{cosec} R}{\operatorname{cosec} D} \quad (4)$$

Fórmula en la que el "Rumbo inicial" (Ri) tiene el signo de la Latitud en que está el observador o la nave (polo elevado) y el de la diferencia en longitud que se contrae en el viaje.

La "distancia" expresada en minutos de arco es la distancia ortodrómica en millas.

#### SISTEMA DE CALCULO.

Las cuatro fórmulas del método Ageton para calcular los elementos de una ortodrómica, se resuelven por las Tablas H. O. 211 y 35 de Bowditch de la siguiente manera:

1) Entre a la tabla con "g" y saque el valor de A. Obtenga B entrando con "L". Suma A y B para tener A en función de "R".

2) Con el último valor de A encuentre B en función de "R", el que se resta de A obtenido con "LII".

3) Con este último resultado, entre en la columna A y saque el valor de "K" siempre de "arriba" de la tabla, excepto cuando "g" sea mayor de  $90^\circ$ , en cuyo caso se tomará de "abajo".

4) "K" toma el signo de la latitud de llegada. Para obtener  $(K-Ls)$ , si K y Ls son de igual signo, reste el menor del mayor; si son de signos contrarios, se suman.

5) Con Ls y LII de distintos signos, si  $(K-Ls)$  excede de  $180^\circ$ , réstele  $180^\circ$  antes de entrar a la tabla.

6) Entre a la tabla con  $(K-Ls)$  y saque el valor de B; sume este dato con B en función de "R" (inciso 2); con este resultado entre a la tabla en la columna B y obtenga la "distancia".

a) Si Ls y LII son de igual signo, D se toma de "arriba", excepto cuando "g" y  $(K-Ls)$  sean ambos mayores de  $90^\circ$ .

b) Si Ls y LII son de distintos signos, D se toma de "abajo" excepto cuando "g" y  $(K-Ls)$  sean ambos menores de  $90^\circ$ .

c) El valor de D reducido a minutos de arco es la distancia ortodrómica en millas náuticas.

7) Con el mismo valor de B anterior (inciso 6), saque A y réstelo del A que se obtuvo en función de "R" (inciso 1).

8) Con este resultado entre en la columna A y obtenga el Ri que se mide del polo elevado del punto de salida, de  $0^\circ$  a  $180^\circ$  al E. o W. hacia el punto de llegada:



a) Si  $L_s$  y  $L$  son del mismo signo, tome el  $R_i$  de "arriba" cuando  $K$  es mayor que  $L_s$ , y de "abajo" en caso contrario.

b) Si  $L_s$  y  $L_{II}$  son de distintos signos, tome siempre el  $R_i$  de "abajo" excepto cuando  $(K \sim L_s)$  sea mayor de  $180^\circ$ .

Ejemplo:

Calcular por Ageton el Rumbo inicial y distancia ortodrómica, de Iquique a Yokohama. (Tabla H. O. 211 o 35 de Bowditch).

Iquique :  $L_s = 20^\circ 12',0$  S     $G_s = 70^\circ 10',0$  W  
Yokohama :  $L_l = 34^\circ 50',0$  N     $G_l = 139^\circ 45',0$  E

GI = 139° 45',0 E  
 GS = 70° 10',0 W

$g = 209^{\circ} 55',0 \text{ W}$

$g = 150^{\circ} 05',0 \text{ W}$

$$LII = 34^{\circ} 50',0 \text{ N}$$

R = 

K = 141° 14',5 N

$$L_s = 20 \quad 12,0 \quad S$$
$$(K \sim L_s) = 161^{\circ} 26,5' S$$
$$D = 149^{\circ} 52',5 \quad 8992',5$$
$$R_i = 5125 \cdot 21.0 \cdot W = 305,3$$

$$\begin{array}{r} + \\ A = 30213 \\ B = 8575 \\ A = 38788 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - \\ A = 24322 \\ B = 3983 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + \\ B = 3983 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} - \\ A = 38788 \end{array}$$

$$A = 20339$$

$$B = 2319$$

$$B = 6302$$

$$A = 29939$$

$$A = 8849$$

### 8.21 COORDENADAS DEL VERTICE.

Hemos manifestado que el vértice es el punto en que un círculo máximo alcanza su más alta latitud. Las coordenadas de este punto conviene conocerlas con anticipación, en especial cuando se navega entre puntos situados en un mismo hemisferio, debido a que las ortodrómicas alcanzan las más altas latitudes, y pueden acercarse a zonas de hielo o témpanos que hagan peligrosa la navegación, lo que debe evitarse.

La menor distancia entre el polo elevado y el plano de la ortodrómica es la perpendicular, por lo tanto, el meridiano que pasa por el vértice es

perpendicular a la ortodrómica; de esto se deduce que, el rumbo de la nave en el vértice es  $090^{\circ}$  o  $270^{\circ}$  y que se nos ha formado un triángulo esférico rectángulo que permite calcular fácilmente sus coordenadas.

En la figura 8.21, se nos ha formado el triángulo esférico rectángulo PVA en el que conocemos el ángulo PAV =  $R_i$  y el lado PA =  $(90-L_s)$ , que nos permitirá deducir aplicando Mauduit las fórmulas para determinar la Latitud y Longitud del vértice, puesto que PV =  $(90-L_v)$  y el ángulo en P = diferencia de longitud entre el punto de salida o en el que está la nave y el vértice, el que aplicado al punto donde está la nave, le dará la longitud del Vértice.

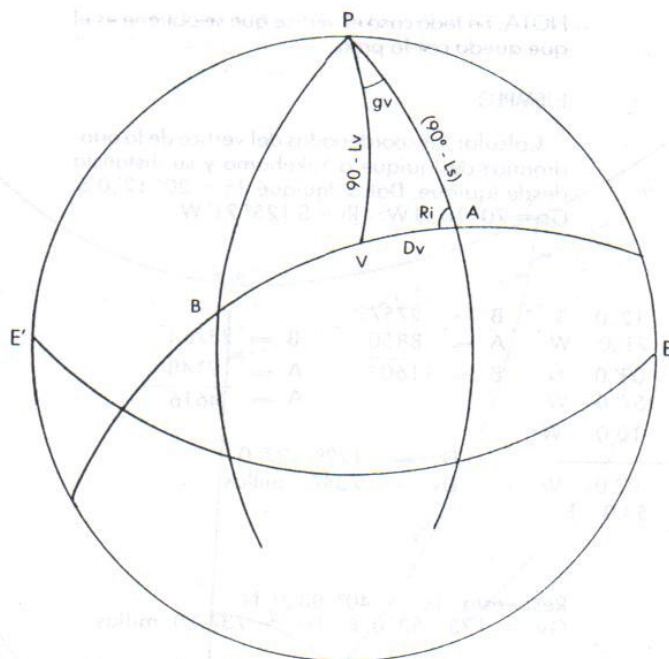


Figura 8.21

En el triángulo PVA de la figura 8.21, aplicando Manduit se tiene:

$$\begin{aligned} \text{Cosec } (90-L_v) &= \text{Cosec } (90-L_s) \text{ Cosec } R_i & \text{entonces} \\ \sec L_v &= \sec L_s \text{ cosec } R_i & (1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sec R_i &= \text{cosec } g_v \sec (90-L_v) \\ \sec R_i &= \text{cosec } g_v \text{ cosec } L_v & \text{de donde} \\ \text{cosec } g_v &= \frac{\sec R_i}{\text{cosec } L_v} & (2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{cosec } D_v &= \text{cosec } g_v \text{ cosec } (90-L_s) \\ \text{cosec } D_v &= \text{cosec } g_v \sec L_s & \text{luego} \\ & & (3) \end{aligned}$$

El rumbo inicial que interviene en las fórmulas es el ángulo PAV lo que conviene tener presente; pues, puede ser mayor de  $90^\circ$ .

El signo de "g" se lo da el rumbo del buque sea hacia el Este o el Oeste.

Las fórmulas determinadas tienen las siguientes reglas:

#### A) RUMBO MENOR DE $90^\circ$ .

- Tome  $L_v$  de "arriba" de la tabla.
- $L_v$  tiene el signo de latitud en que está la nave.
- Tome  $g_v$  y  $D_v$  de "arriba".

#### B) RUMBO MAYOR DE $90^\circ$ .

- Tome  $L_v$  de "arriba" de la tabla.
- $L_v$  tiene el signo de latitud de llegada.
- Tome  $g_v$  y  $D_v$  de "abajo", o sea ambos son mayores de  $90^\circ$ .



NOTA. En todo caso el vértice que se obtiene es el que queda por la proa.

#### EJEMPLO:

Calcular las coordenadas del vértice de la ortodrómica de Iquique a Yokohama y su distancia desde Iquique. Datos: Iquique:  $Ls = 20^{\circ} 12',0$  S.  $Gs = 70^{\circ} 10',0$  W.  $Ri = S 125^{\circ} 21' W$ .

|                              |                          |             |            |
|------------------------------|--------------------------|-------------|------------|
| $Ls = 20^{\circ} 12',0$ S    | $B = 2757$               | $B = 23764$ | $B = 2757$ |
| $Ri = S 125^{\circ} 21',0$ W | $A = 8850$               | $A = 19148$ | $A = 4616$ |
| $Lv = 40^{\circ} 03',0$ N    | $B = 11607$              | $A = 4616$  | $A = 4616$ |
| $gv = 115^{\circ} 57',0$ W   |                          |             |            |
| $Gs = 70 10,0$ W             |                          |             |            |
| $Gv = 186 07,0$ W            | $Dv = 122^{\circ} 27',0$ |             | $A = 7373$ |
| $Gv = 173^{\circ} 53,0$ E    | $Dv = 7347$ millas       |             |            |

Respuesta:  $Lv = 40^{\circ} 03',0$  N  
 $Gv = 173^{\circ} 53',0$  E  $Dv = 7347,0$  millas.

Conocidas las coordenadas del vértice se está en condiciones de deducir las del cruce en el Ecuador ya que éstas estarán  $90^{\circ}$  en Longitud más al Este y Oeste que la longitud del vértice. En consecuencia las coordenadas del cruce en el Ecuador del presente ejemplo serán:

|                              |                             |
|------------------------------|-----------------------------|
| $Gv = 173^{\circ} 53',0$ E   | $Gv = 173^{\circ} 53,0$ E   |
| $90 = +90 00,0$              | $-90 = -90 00,0$            |
| $Gcec = 263 53,0$ E          | $Gc ec = 83^{\circ} 53,0$ E |
| $Gc.ec = 96^{\circ} 07',0$ W |                             |
| $Lc.ec = 00^{\circ} 00,0$    |                             |

El rumbo en el cruce del Ecuador es en función de  $Lv$  y está dado cuando se navega al E por  $(90 + \text{ó} - Lv)$  y cuando se navega al W por  $(270 + \text{ó} - Lv)$ . Una figura a mano alzada indicará el signo a emplear.

Teniendo calculado el  $Ri$ , Distancia, coordenadas del vértice y la distancia al vértice, se puede confeccionar un gráfico de la ortodrómica que servirá para facilitar el cálculo de los elementos que faltan, debiendo tenerse presente que en todo caso interviene el "polo elevado".

#### 8.22 PUNTOS EN LA ORTODROMICA.

Teniendo determinadas las coordenadas del vértice, estamos en condiciones de entrar a calcular cualquier punto en la ortodrómica lo que es fácil hacer, aprovechando el ángulo recto y distancia al vértice.

En la figura 8.22, tenemos que en el triángulo ortodrómico APB se conocen: el  $Ri$ , la distancia, las coordenadas del vértice y la distancia a él.

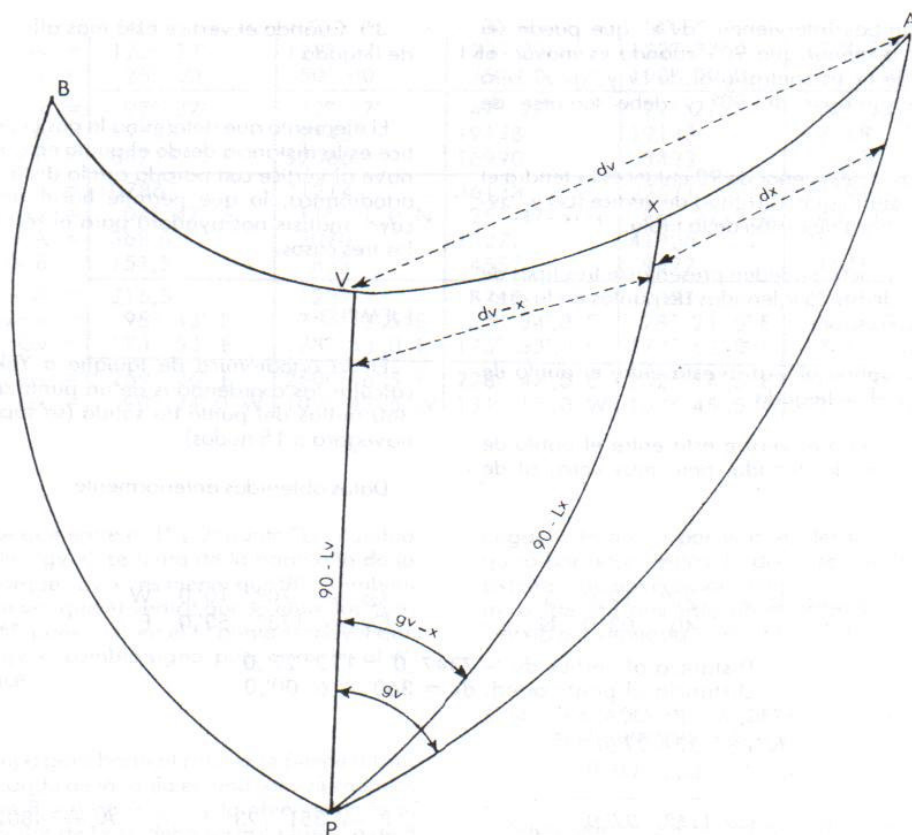


Figura 8.22

Si desde el punto A donde está la nave, se hace variar el arco en la ortodrómica, a un punto cualquiera X de 5 en 5°, de 10 en 10°, de 15 en 15°, o cualquiera otra cantidad que se desee en grados, la distancia del punto X al vértice (V) irá disminuyendo en la misma cantidad; de donde podemos decir que se conoce la distancia del vértice al punto X; esto es "dv-dx". En consecuencia podemos resolver el triángulo PVX puesto que conocemos el lado PV = (90 - L<sub>v</sub>) y el lado VX = dv-dx = dv-x.

Calculemos el lado PX y el ángulo al Polo elevado correspondiente. El primero nos dará la Latitud del punto X y el segundo la diferencia en longitud entre el vértice y punto "X", "g<sub>v-x</sub>", que aplicada a la Longitud del vértice con el signo que corresponda según se corrija hacia el E o W del vértice, nos dará la Longitud del punto X, es decir, se han determinado las coordenadas de un punto de la ortodrómica.

Para deducir fórmulas se aplicará Manduit en la forma que anteriormente se ha hecho y tendremos:

$$\begin{aligned} \sec (90-L_x) &= \sec (90-L_v) \sec (dv-x); \text{ entonces} \\ \operatorname{cosec} L_x &= \operatorname{cosec} L_v \sec (dv-x) & (1) \\ \operatorname{cosec} (dv-x) &= \operatorname{cosec} (g_{v-x}) \operatorname{cosec} (90-L_x) \text{ de donde} \\ \operatorname{cosec} (dv-x) &= \operatorname{cosec} (g_{v-x}) \sec L_x \text{ entonces} \\ \operatorname{cosec} (g_{v-x}) &= \frac{\operatorname{cosec} (dv-x)}{\sec L_x} & (2) \end{aligned}$$



En ambas intervienen "dv-x" que puede ser mayor o menor que 90°; cuando es mayor, el signo de Lx es contrario al de Lv y "gv-x" será también mayor de 90° y debe tomarse de "abajo".

Si "dv-x" es menor de 90 entonces Lx tendrá el mismo signo que la Latitud de vértice (Lv) y "gv-x" se tomará de arriba de la tabla.

En la práctica pueden presentarse tres tipos de cálculo de las coordenadas de puntos en la ortodrómica a saber:

1°) Cuando el vértice está entre el punto de salida y el de llegada.

2°) Cuando el vértice está entre el punto de salida y el de llegada, pero muy cerca al de salida.

Iquique Ls = 20° 12',0 S  
vértice Lv = 40° 03',0 N

3°) Cuando el vértice está más allá del punto de llegada.

El elemento que determina la posición del vértice es la distancia desde el punto en que está la nave al vértice comparada con la distancia total ortodrómica, lo que permite hacer un gráfico cuyo análisis nos ayudará para el resultado en los tres casos.

#### EJEMPLO:

En la ortodrómica de Iquique a Yokohama, calcular las coordenadas de un punto que dista 360 millas del punto de salida (se supone que navegará a 15 nudos).

Datos obtenidos anteriormente:

Gs = 70° 10',0 W  
Gv = 173° 53',0 E

Distancia al vértice dv = 7347',0 = 122° 27',0  
Distancia al punto ortod. dx = 360' = 6° 00',0

dv = 122 27',0  
dx = 06° 00',0

dv - x = 116° 27',0  
Lv = 40° 03',0 N  
Lx = 16° 39',5 S  
gv - x = 110° 51',0 E  
Gv = 173° 53',0 E

Gx = 284° 44',0 E  
Gx = 360° 00',0

Gx = 75° 16',0 W

|            |   |          |
|------------|---|----------|
|            | + | -        |
| B = 351 23 |   | A = 4802 |
| A = 191 48 |   |          |
| A = 542 71 |   | B = 1861 |
|            |   | A = 2941 |

Respuesta Lx = 16° 39',5 S Gx = 75° 16',0 W

Para facilitar el cálculo de las Lx y Gx de puntos a lo largo del trazado de la ortodrómica, se pueden colocar las fórmulas 1 y 2 en columnas verticales como en el ejemplo siguiente.

#### EJEMPLO:

En la ortodrómica de Iquique a Yokohama, tendremos puntos cuya distancia aumenta de

1500 en 1500 millas (25° en 25°) con el objeto de cubrirla completamente con pocos puntos. Lógicamente que esto se da como un ejemplo, pues debe realmente situar tal número de puntos, que sea necesario cambiar el rumbo a lo menos una vez al día, acostumbrándose hacerlo a la meridiana. En este caso a razón de 15 nudos, serían necesarios 22 a 23 puntos y cada uno se obtendrá como en el cálculo anterior, según la disposición siguiente:

|            | 1°          | 2°           | 3°           | 4°           | 5°           |
|------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| dv =       | 122° 27'    | 122° 27'     | 122° 27'     | 122° 27',0   | 122° 27'     |
| dx =       | 25° 00'     | 50° 00'      | 75° 00'      | 100° 00',0   | 125° 00'     |
| dv-x =     | 97° 27'     | 72° 27'      | 47° 27'      | 22° 27'      | 02° 33'      |
| Lv A =     | 19148       | 19148        | 19148        | 19148        | 19148        |
| +(dv-x)B = | 88719       | 52066        | 16990        | 3423         | 43           |
| Lx A =     | 107867      | 71214        | 36138        | 22571        | 19191        |
| Lx =       | 04° 47' S   | 11° 11',0 N  | 25° 47',5 N  | 36° 29',5 N  | 40° 00',0 N  |
| dv-x A =   | 368,0       | 2070         | 13272        | 41808        | 135173       |
| -Lx B =    | 151,5       | 833          | 4557         | 9477         | 11575        |
| gv-x A =   | 216,5       | 1237         | 8715         | 32331        | 123598       |
| gv-x =     | 95° 43' E   | 76° 23',5 E  | 54° 54',0 E  | 28° 21',5 E  | 3° 20',0 W   |
| Gv =       | 173° 53' E  | 173° 53',0 E | 173° 53',0 E | 173° 53',0 E | 173° 53',0 E |
| Gx =       | 269° 36' E  | 250° 16',5 E | 228° 47',0 E | 202° 14',5 E | 170° 33',0 E |
| Gx =       | 90° 24',0 W | 109° 43',5 W | 131° 13',0 W | 157° 45',5 W | 170° 33',0 E |

Nótese que entre el 1° y 2° punto "Lx" cambia de S. a N. "gv-x" se toma de la parte alta de la tabla, porque "dv-x" es menor que 90°. También se puede ver que el vértice queda entre los puntos 4° y 5°, pues "dx" en el 5° punto es mayor que "dv" y "gv-x" cambia signo, pues está más al W. del vértice.

llegada, lo tenga por vértice, desde donde seguirá por ortodrómica. Es decir, se emplean dos sistemas de navegación: ortodrómica y loxodrómica, de ahí que esta navegación se le llama "Mixta o compuesta".

#### 8.24 TRAZADO DE LA DERROTA COMPUESTA POR METODO AGETON.

El tiempo para hacer el cálculo se puede disminuir, sacando de la tabla en una sola entrada las funciones B y A de "dx-x" y también cuando se saca el valor de Lx se debe sacar la función de B de éste en la misma entrada de la tabla.

Supongamos que en la figura 8.25 de acuerdo con la carta "Pilot" de la época, no sea conveniente navegar la ortodrómica entre ambos lugares y se decide no sobrepasar el paralelo 60° S.

#### 8.23 NAVEGACION MIXTA O COMPUESTA.

En ortodrómicas entre lugares situados en un mismo hemisferio y que culminan en altas latitudes, donde la navegación sea peligrosa por la presencia de témpanos o de campos de hielo, es necesario que el navegante, estudie la carta "Pilot" de la época y elija como límite un paralelo para no sobrepasarlo. Este paralelo debe dejar un amplio margen de seguridad para no comprometer la nave, aunque el track que se siga no sea el más corto.

Una vez elegido el "paralelo de seguridad", zarpará navegando, en una ortodrómica que tenga por vértice ese paralelo; enseguida se navegará por éste en loxodrómica hasta el punto en que la ortodrómica que pase por el punto de

En este caso, el trazado de las ortodrómicas tiene por vértice el paralelo 60° y forman en el polo elevado los triángulos ACP y BDP, esféricos rectángulos en que se conocen:

$$\begin{array}{ll} \triangle ACP & \triangle BDP \\ \text{Lado PA} = (90 - L_s) & \text{Lado PB} = (90 - L_{II}) \\ \text{PC} = (90 - L_v) & \text{PD} = (90 - L_v) \end{array}$$

Aplicando Manduit se puede calcular el Rumbo, la Distancia y Longitud del Vértice, en cada una de las ortodrómicas. Conocida la Longitud de los vértices tendremos el arco de paralelo, es decir las loxodrómicas para navegar entre ellos, la que sumada a las distancias ortodrómicas D1 y D2 nos dará la distancia total entre los puntos de salida y llegada (A-B) respectivamente.



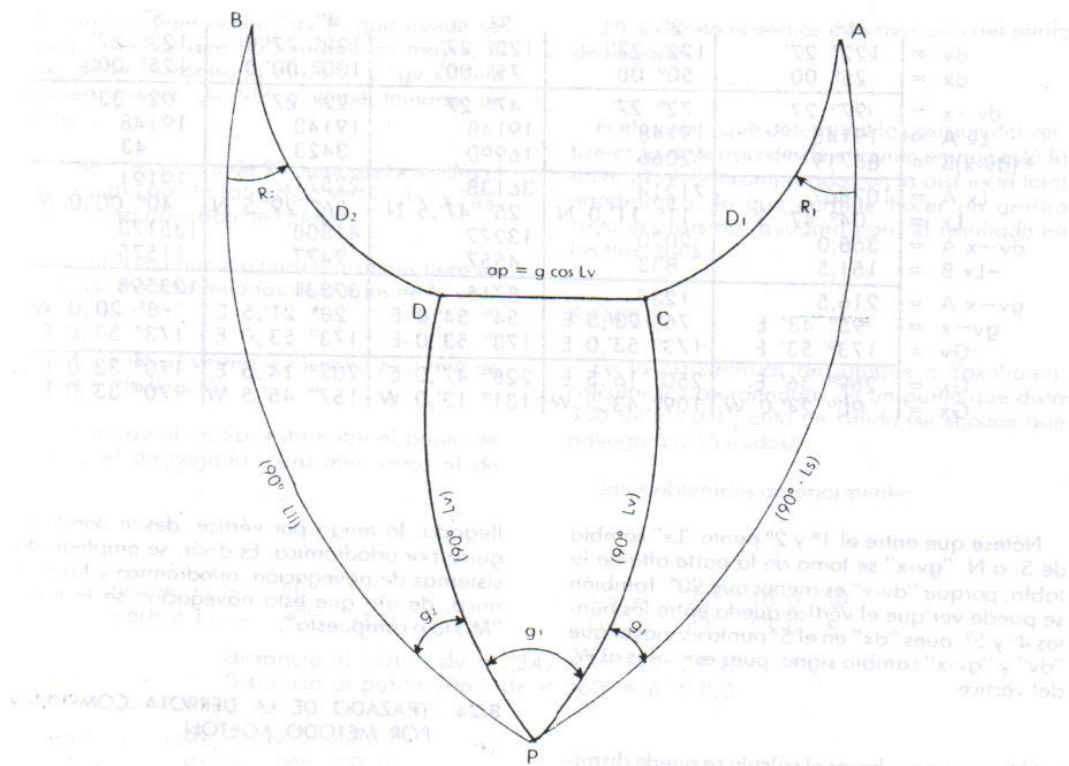


Figura 8.25

## Deducción de las fórmulas

## Triángulo ACP

$$\begin{aligned} \text{Cosec } (90 - L_v) &= \text{cosec } R_1 \text{ cosec } (90 - L_s) \\ \sec L_v &= \text{cosec } R_1 \sec L_s \end{aligned}$$

$$\text{Cosec } R_1 = \frac{\sec L_v}{\sec L_s} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sec (90 - L_s) &= \sec D_1 \sec (90 - L_v) \\ \text{cosec } L_s &= \sec D_1 \text{ cosec } L_v \end{aligned}$$

$$\sec D_1 = \frac{\text{cosec } L_s}{\text{cosec } L_v} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} \sec R_1 &= \sec (90 - L_v) \text{ cosec } g_1 \\ \sec R_1 &= \text{cosec } L_v \text{ cosec } g_1 \end{aligned}$$

$$\text{cosec } g_1 = \frac{\sec R_1}{\text{cosec } L_v} \quad (3)$$

$$\text{Dist loxodrómica} = ap = g \cos L_v$$

$$\text{Dist Total} = D_1 + ap + D_2$$

## Triángulo BDP.

$$\text{Cosec } R_2 = \frac{\sec L_v}{\sec L_l} \quad (1)$$

$$\text{cosec } D_2 = \frac{\text{cosec } L_l}{\text{cosec } L_v} \quad (2)$$

$$\sec g_2 = \frac{\sec R_2}{\text{cosec } L_v} \quad (3)$$

Ejemplo.

Calcular: R1 - R2 - D1 - D2 - g1 - g2 y la distancia en la derrota compuesta entre:

Ls = 35° 40' S Gs = 118° 06' E y  
 LII = 22° 15' S GII = 41° 30' W sin  
 pasar del paralelo 60° S.

|                |                 |                |                  |  |  |
|----------------|-----------------|----------------|------------------|--|--|
|                | Dif             |                | Dif              |  |  |
| Lv = 60° 00' S | B = 30103       | A = 6247       | A = 6247         |  |  |
| Ls = 35° 40' S | B = 9022        | A = 23428      | BR1 = 10337      |  |  |
|                | A = 21081       | B = 17181      | A = 4090         |  |  |
|                | R1 = S37° 59' W | D1 = 47° 40',8 | g1 = 65° 31',4 W |  |  |
|                |                 | D1 = 2860',8   |                  |  |  |

|                |                 |                |                |  |     |
|----------------|-----------------|----------------|----------------|--|-----|
|                | Dif             |                | Dif            |  | Dif |
| Lv = 60° 00' S | B = 30103       | A = 6247       | A = 6247       |  |     |
| Ls = 22° 15' S | B = 3360        | A = 42176      | R2 = 7494      |  |     |
|                | A = 26743       | B = 35929      | A = 1247       |  |     |
|                | R2 = N32° 42' W | D2 = 64° 04',3 | g2 = 76° 20' E |  |     |
|                |                 | D2 = 3844,3    |                |  |     |

|                         |                         |                      |
|-------------------------|-------------------------|----------------------|
| Gs = 118° 06' E         | g1 = 65° 31',4 W        | ap = g3 cos Lv       |
| GII = 41° 30' W         | g2 = 76° 20',0 E        | log g3 = 3,02719     |
| g = 159° 36' W          | g1 + g2 = 141° 51',4    | log cos Lv = 1,69897 |
| -(g1 + g2) = 141° 51',4 |                         | log ap = 2,72618     |
| g3 = 17° 44',6          | D1 = 2860,8             | ap = 532',3          |
| g3 = 1064',6            | ap = 532',3             |                      |
|                         | D2 = 3844,3             |                      |
|                         | D Total = 7237,4 millas |                      |

Nota.

La disposición de cálculo está en forma especial con el objeto de economizar espacio.

## 8.25 ORTODROMICA POR TABLA H.O. 214.

Por esta tabla se puede determinar el rumbo inicial y la distancia ortodrómica.

Los argumentos de entradas a la tabla son la Latitud de salida que se emplea como Latitud asumida; la Latitud de llegada se usa como Declinación y la diferencia de Longitud entre el punto de salida y de llegada que se usa como ángulo al polo (columna H.A.).

La distancia ortodrómica en millas náuticas se determina restando de 90° la altura obtenida por

la tabla; es decir, determinando la distancia zenital reducida a minutos de arco. El Azimut obtenido de la tabla es el rumbo inicial de la ortodrómica.

Ejemplo.

Determinar el rumbo inicial y distancia ortodrómica entre San Francisco L = 37° 44',5 N., G = 122° 42,5 W. y Tokio L = 34° 49',0 N., G = 139° 53',0 E.

Solución.

Se entra a la tabla con los valores tabulados más cerca a la Latitud de salida como Latitud; con la latitud de llegada como declinación y la diferencia de Longitud como ángulo al polo (H.A.).



$$\begin{array}{rcl}
 \text{GII} & = & 139^\circ 53',0 \text{ E} \\
 \text{Gs} & = & 122^\circ 42',5 \text{ W} \\
 & & 262^\circ 35',5 \text{ E} = 97^\circ 24',5 \text{ W} \\
 \text{Ls} & = & 37^\circ 44',5 \text{ N} \\
 \text{III (D)} & = & 34^\circ 49',0 \text{ N} \\
 \text{g(P)} & = & 97^\circ 24',5
 \end{array}
 \quad \left| \quad
 \begin{array}{l}
 \Delta d = +59 \quad \Delta t = -67 \quad Z = \text{N } 58,1 \text{ W}
 \end{array}
 \right.$$

$$\begin{array}{rcl}
 \text{AT} & = & 15^\circ 38',3 \\
 \text{CT} & = & -13,4 \\
 \text{Ac} & = & 15^\circ 24',9 \\
 90^\circ & = & 89^\circ 60',0 \\
 \text{Dz} & = & 74^\circ 35',1
 \end{array}
 \quad \begin{array}{l}
 \text{Correc. } \Delta d \text{ para } 19' = +11,2 \\
 \text{Correc. } \Delta t \text{ para } 24,5 = -16,4 \\
 \text{Correc. } \Delta L \text{ para } 15,5 = -8,2 \\
 \hline
 \text{CT} = -13,4
 \end{array}$$

$$\text{D. Ortodrom.} = 4475,3 \text{ millas} \quad \text{Ri} = \text{N } 58,1 \text{ W} = 301^\circ,9$$

Si la combinación de Latitud de salida, Latitud de llegada y diferencia de Longitud no pueden ser encontrados en la tabla; se cambia el signo de la Latitud de llegada y el suplemento de la diferencia de Longitud es usado para entrar a la tabla. La distancia ortodrómica se encuentra sumando  $90^\circ$  a la altura obtenida por la tabla; el rumbo ortodrómico es el suplemento del valor del ángulo al zenit obtenido en la tabla.

Hagamos el ejemplo anterior, pero con Latitud de llegada =  $34^\circ 49',0 \text{ S}$ .

Solución.

En este caso la tabla no alcanza a dar datos para calcular la ortodrómica. Para obtenerse la Latitud de llegada que es  $34^\circ 49',0 \text{ S}$ , se le cambia a signo Norte y el suplemento de la diferencia de Longitud será:

$$\begin{array}{rcl}
 180 & = & 179^\circ 60',0 \\
 \text{g} & = & 97^\circ 24',5 \\
 \hline
 \text{g} & = & 82^\circ 35',5
 \end{array}$$

Se entra a la tabla H.O. 214 con  $L = 38^\circ \text{ N}$ .

$D = 34^\circ 30' \text{ N}$ . (mismo nombre de la Latitud) y el ángulo al polo (H.A.) =  $83^\circ$ .

$$\begin{array}{rcl}
 \text{AT} & = & 25^\circ 19',9 \\
 \text{CT} & = & +20,3 \\
 \text{Ac} & = & 25^\circ 40',2 \\
 90^\circ & = & 90^\circ 00',0 \\
 \text{Dist. ortodr.} & = & 115^\circ 40',2 = 6940',2 \\
 \text{Ri} & = & 180^\circ - 64^\circ,8 = \text{N } 115^\circ,2 \text{ W} = 244^\circ,8.
 \end{array}
 \quad \begin{array}{l}
 \Delta d = +50 \quad \Delta t = -71 \quad Z = 64^\circ,8 \\
 \Delta d \text{ correc. para } 19',0 = +9',5 \\
 \Delta t \text{ correc. para } 24',5 = +17',4 \\
 \Delta L \text{ correc. para } 15',5 = -6,6 \\
 \hline
 \text{CT} = +20,3
 \end{array}$$

Hay casos donde ninguna combinación de entrada de los argumentos puede ser encontrada, estos casos no tienen solución por la tabla H.O. 214.

## 8.26 ORTODROMICA POR TABLA H. O. N° 229.

Muy similar a la 214, la tabla 229 ha sido diseñada para resolver cualquier condición del triángulo de posición, de modo que conociendo dos lados y el ángulo comprendido, se obtiene el tercer lado y el ángulo adyacente.

Por esta razón puede, también, ser empleada para encontrar la distancia ortodrómica (D) y el rumbo inicial (Ri) entre dos puntos sobre la superficie de la tierra.

Los argumentos para entrar a la tabla son los siguientes en los casos que se indican:

### I. D. menor que $90^\circ$ :

a) Si Ls y LII son del mismo signo, entre con Ls como Latitud, LII como Declinación y "g" como ángulo horario; saque la altura en la columna Ho y réstela de  $90^\circ$  para obtener la distancia ortodrómica. Saque el ángulo azimutal (Z) que será el Ri.

b) Si Ls y LII son de distintos signos, entre en la página correspondiente con Ls como Latitud, LII como Declinación y "g" como ángulo horario;

saque la altura de la columna Hc y réstela de  $90^\circ$  para obtener la distancia ortodrómica. Saque el ángulo azimutal (Z) que será el Ri.

NOTA. En los casos a y b, si no aparece en la tabla la combinación de datos de entrada, significa que D es mayor de  $90^\circ$ .

### II. D. mayor de $90^\circ$ :

a) Si Ls y LII son del mismo signo, entre con Ls como Latitud, LII como Declinación con signo contrario y  $(180^\circ - g)$  como ángulo horario; saque la altura en la columna Hc y súmele  $90^\circ$  para tener la distancia ortodrómica. Saque el ángulo azimutal (Z) y réstelo de  $180^\circ$ , valor que será el Ri.

b) Si Ls y LII son de distintos signos, entre con Ls como Latitud, LII como Declinación con signo contrario al de LII y  $(180^\circ - g)$  como ángulo horario; saque la altura en la columna Hc y súmele  $90^\circ$  para tener la distancia ortodrómica. Saque el ángulo azimutal (Z) y réstelo de  $180^\circ$  para obtener el Ri.

Si hay necesidad de efectuar interpolaciones, hágalas de acuerdo a las instrucciones detalladas que contiene cada uno de los seis volúmenes de la Tabla N° 229.



## CAPITULO IX

### NAVEGACION COSTERA Y PILOTAJE.

Navegación en las cercanías de la costa - Métodos de situación por demarcaciones, enfilación, distancia, ángulo, sonda y combinación de los diferentes sistemas - Métodos especiales de situación - Marcación y ángulos peligrosos - Características tácticas y su empleo - Faros y boyas luminosas, alcances y características generales - Nuevo sistema de balizamiento marítimo nacional - Señales de niebla y radiofaros - Recomendaciones y normas generales para navegar cerca de costa, estrechos, canales, entrada y salida de puerto - Radiogoniometría y el Radar de navegación.

#### 9.01 NAVEGACION EN LAS CERCANIAS DE LA COSTA.

Navegación costera es el arte de conducir una nave a lo largo de la costa, donde puntos terrestres hacen posible situarla exactamente; en esta clase de navegación la profundidad del mar y otros peligros, como rocas, corrientes, etc., precisan una constante vigilancia y frecuentes alteraciones de rumbo. En alta mar, cuando no hay un inmediato peligro, la navegación es llevada en una forma relativamente lenta; pues los rumbos y velocidades son mantenidos por largos periodos y las situaciones pueden ser obtenidas a convenientes intervalos. Navegando en mar libre, un pequeño error en las observaciones o cálculo no tiene, por lo general, una mayor trascendencia y tanto las observaciones como los cálculos pueden hacerse sin gran prisa y a largos intervalos. Por el contrario, en vecindad de costas o entre peligros, es necesario la máxima precisión, puesto que un error, aún leve, puede traer graves consecuencias. Esto exige que la determinación de la posición del buque debe ser segura, rápida y continua.

La navegación costera, tal vez sea la parte más interesante, más importante y más difícil del arte del oficial de derrota. No requiere grandes conocimientos científicos, como la navegación astronómica; pero exige, práctica, espíritu de observación e iniciativa acertada, sentido mariner, calma en sus actuaciones, rapidez en las decisiones, orden y conocimiento perfecto de los métodos, celo y exactitud en los trabajos y por último resistencia física y paciencia.

Los problemas en la navegación costera son simples, pero en todas sus fases el Oficial de Navegación debe examinar tanto el presente como el futuro, para lo cual será necesario:

- 1º Situar exacta y frecuentemente el buque.
- 2º Determinar la línea de rumbo a seguir.
- 3º Examinarla cuidadosamente.

Las situaciones obtenidas en base de los rumbos y distancias navegadas; es decir, las conseguidas por estima, son erróneas, debido a facto-

res que escapan al control del navegante. De aquí nace la necesidad de fijar la posición del buque, tomando demarcaciones a objetos terrestres que figuren en la carta o en su defecto por observaciones astronómicas.

En ambos casos, se obtiene un "lugar geométrico", recto o circular, llamado "línea o círculo de posición" que trazaremos en la carta.

Cuando dos lugares geométricos, que se cortan con un ángulo conveniente, se determinan u observan simultáneamente, dan la situación de la nave en el instante en que fueron tomados.

A continuación explicaremos los diferentes métodos para obtener las "líneas de posición".

## 9.02 DEMARCACION O MARCACION.

Supongamos que un buque "B" divisa un faro "F" al  $040^\circ$ , figura 9.02; si en la carta trazamos la línea FB desde el faro, en dirección contraria (recíproca) esto es al  $220^\circ$ , es evidente que desde ninguna otra parte se le verá al  $040^\circ$  que no sea desde la línea FB; de esto se deduce que la recta FB es un lugar geométrico o línea de posición y se le llama "demarcación" o "marcación", y que podemos definir como que es el ángulo entre el meridiano y un objeto. A bordo se toma con el girocompás o con el compás magnético y con la ayuda de la Alidada, cuya descripción aparece al final del párrafo 4.03 del capítulo IV.

Toda demarcación es un círculo máximo, pero en la práctica no es necesario trazarlo todo, debido a que en la mayoría de los casos el punto visado, está cercano al observador, lo que permite considerar el área circundante como plana, consideración que no hará cometer un error material al representar como recta el círculo máximo, siempre que la distancia sea menor de 50 millas.

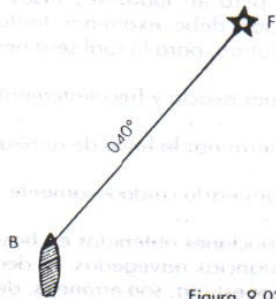


Figura 9.02

La demarcación puede obtenerse además refiriéndola a la línea de quilla; por ejemplo: Un buque "B" que navega al  $030^\circ$  avista una isla "S" al "Rojo  $40^\circ$ ", o sea  $40^\circ$  abierto por Babor, ello significará que la demarcación a la isla será al  $350^\circ$ .



Figura 9.02-a

## 9.03 SITUACION POR DEMARCACIONES.

Se llama así cuando dos demarcaciones tomadas simultáneamente a dos objetos o puntos diferentes se cortan en un ángulo conveniente. El punto en que ambas se cortan da la posición o situación del buque.

Supongamos que a las 1400 horas una punta se demarca al  $140^\circ$  y un faro al  $260^\circ$ . Tracemos por el extremo de la punta y en dirección opuesta, es decir hacia el buque, la demarcación  $140 - 320^\circ$  y por el faro la marcación  $260 - 080^\circ$ . El buque está en la intersección de ambos lugares geométricos, que corresponde a la situación de la nave a las 1400 horas (Figura 9.03).

## 9.04 DEMARCACION DE COMPROBACION.

Con el objeto de evitar toda duda en la posición de la nave es conveniente, siempre que sea posible, tomar una tercera demarcación simultáneamente con las otras tal como el asta A que demarca al  $210^\circ$  en la figura 9.03.

La tercera marcación debe pasar por el punto de intersección de las dos primeras, o muy cerca, lo que indicará la bondad de la situación; en caso contrario se formará un triángulo. Cuando este triángulo es relativamente chico según la escala en la carta, puede considerarse al buque en el centro de él; pero, cuando es grande, es casi seguro que se ha cometido un error, ya sea en las marcaciones, confundiendo uno de los tres pun-



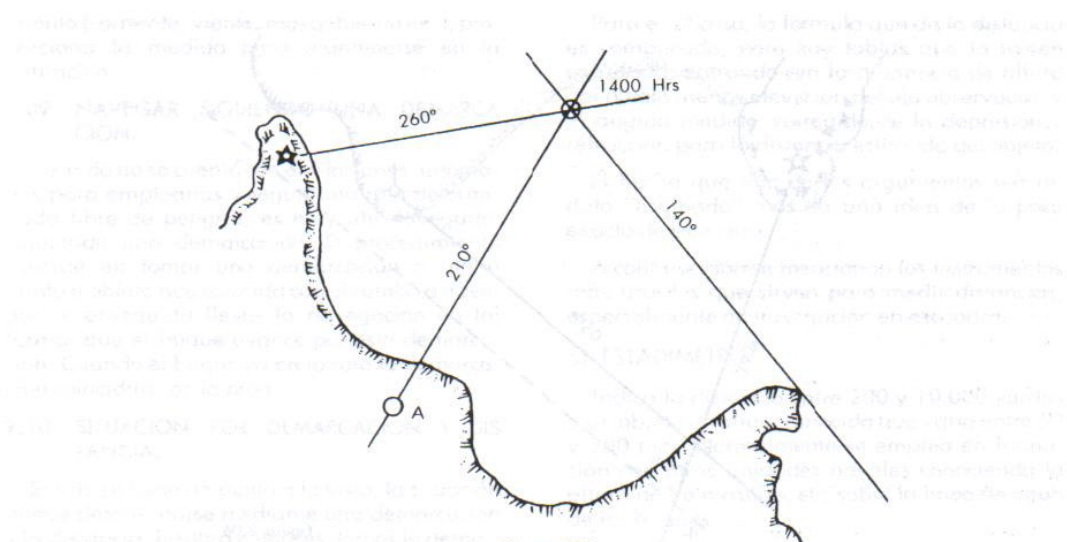


Figura 9.03

tos u objetos visados con algún otro, o se ha cometido un error aritmético en las correcciones de las demarcaciones; o bien se ha leído mal alguna en el compás. En estos casos es aconsejable, tomarlas inmediatamente de nuevo, antes que empezar a revisar los cálculos y buscar donde está la equivocación, que sólo se traduce en pérdida de tiempo.

Si el error persistiera, es casi seguro que se debe a perturbaciones magnéticas extrañas al buque, o bien que la carta no es una fiel reproducción de la realidad; es decir, está mal levantada. En el primer caso la situación puede ser obtenida mediante el fijador del punto o transportador de sondas; empleando la diferencia entre las marcaciones como ángulos horizontales. En el segundo caso no hay solución posible.

#### 9.05 ELECCION DE LOS PUNTOS A DEMARCAR.

Cuando se va a situar el buque por marcaciones, deben elegirse dos puntos u objetos que no difieran angularmente menos de  $30^\circ$  ni más de  $150^\circ$ . El ideal es que difieran  $90^\circ$ , pero esto no siempre es posible. La razón de preferir la intersección lo más normal que se pueda es, porque un pequeño error cometido en la demarcación misma o en la lectura de la rosa, tiene su mínimo efecto cuando la intersección es de  $90^\circ$  y crece progresivamente a medida que aumenta o disminuye el ángulo de cruce, por lo que es conveniente evitar en lo posible el empleo de marcaciones cuya intersección se haga con ángulos menores de  $30^\circ$  o mayores de  $150^\circ$ .

Al tomar demarcaciones para situarse, deben elegirse de preferencia los puntos u objetos cercanos a la nave que los alejados, ya que un mismo error en las marcaciones, sea por lectura u observación afecta menos en la posición final del buque. El mismo razonamiento puede hacerse con respecto a la distorsión que experimenta el papel, el error será mayor en los trazos largos.

Para situar una nave se procederá primeramente a la elección de los puntos en la carta, seleccionando aquellos que estén bien definidos; se evitarán puntos que sean ambiguos, como caídas de cerros, puntas con gran desplave, etc.

Una vez elegidos y anotados sus nombres en la libreta, observará con la alidada las demarcaciones rápidamente, empezando por las que varíen menos, que son las cercanas a la proa o popa, dejando para el último las que varíen más rápido, que son las próximas a la cuadra. Nunca debe situarse un buque mientras está efectuando una caída.

#### 9.06 SITUACION POR MARCACION Y ANGULO.

A veces ocurre que al tratar de tomar demarcaciones para situarse; sólo un punto es visible desde el compás magistral. En este caso, si el paraje donde navega lo permite, se podrá alterar por breve tiempo, unos pocos grados el rumbo para tomar las demarcaciones que se necesite. Si no fuera posible esta momentánea alteración de rumbo; se obtendrá la situación, tomando la de-

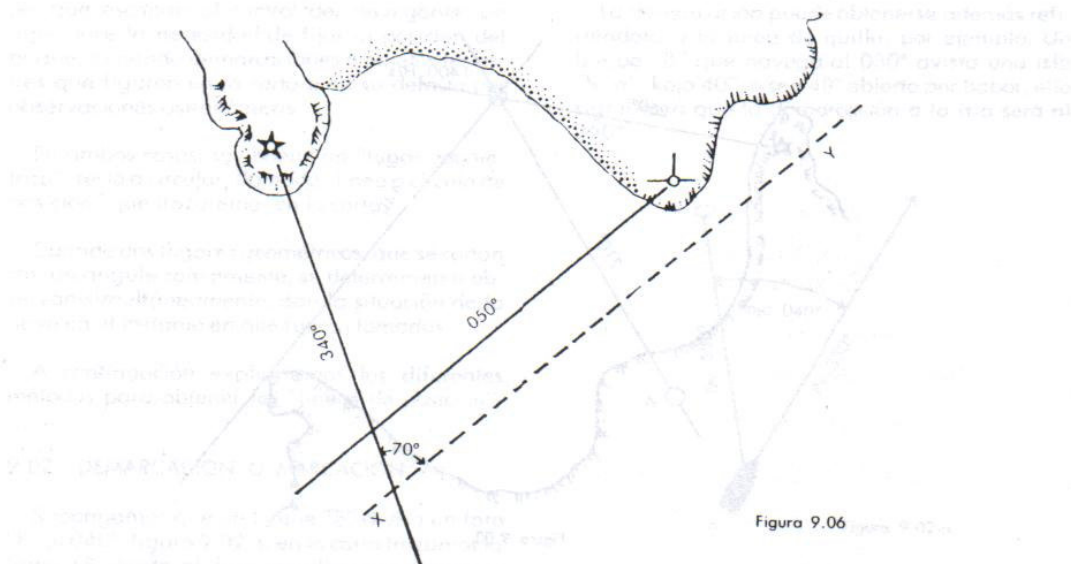


Figura 9.06

marcación del punto visible y midiendo con sextante, el ángulo entre el punto demarcado y algún otro, desde una colocación cercana al compás. Se recomienda medir un segundo ángulo como comprobación. En todo caso es aconsejable tomar puntos que formen ángulos aproximadamente de  $90^\circ$ .

a) El primer sistema sería aplicando el ángulo a la marcación, lo que dará la demarcación del otro punto u objeto que no era visible desde el compás. Así tenemos en la figura 9.06 que el faro demarca al  $340^\circ$  y el ángulo horizontal medido con el sextante entre éste y la baliza fue de  $70^\circ$  en consecuencia la demarcación de esta baliza será al  $050^\circ$  ( $340 + 70$ ); la que trazaremos en la carta, encontrándose la nave en el instante de la observación en la intersección de ambas.

b) El segundo sistema se hace trazando por el faro la demarcación  $340^\circ$ ; desde un punto cualquiera X de esta demarcación se copia el ángulo de  $70^\circ$  medido con el sextante. El trazo X Y obtenido, se traslada paralelamente hasta la baliza observada que representará a la demarcación que pase por ella.

#### 9.07 SITUACION POR ENFILACION Y DEMARCAACION.

En la navegación costera, deberán siempre aprovecharse las enfilaciones para navegarlas o para situar el buque (enfilación es la línea que une dos puntos determinados). Este sistema cuando se aplica especialmente en la navega-

ción de canales o entradas a puertos, proporciona mucha seguridad en la ruta que sigue la nave y certeza de muy buenas situaciones. Deberá, eso si, tener cuidado al elegirlos; cuidando que los puntos a enfilarse destaquen nítidamente.

Si se anota la demarcación en el momento de cruzar la enfilación se puede deducir el desvío para la dirección de la proa a que se navega, o el error del girocompás, haciendo la diferencia entre el valor de la enfilación y de la demarcación.

El modo para situarse por enfilación y marcación es por demás sencillo; bastará tomar una demarcación a un punto notable en el mismo momento que enfilen señales o puntos elegidos. Para que todo sea lo más simultáneo posible es preferible valerse de un ayudante. Así uno dará un "TOP" en el momento de la enfilación y el otro en ese instante tomará la demarcación al punto elegido. Trazando en la carta la línea correspondiente a la enfilación y la demarcación tomada, su corte dará la situación del buque.

#### 9.08 NAVEGAR UNA ENFILACION.

Para navegarla bastará poner la proa sobre la enfilación, y si por algún motivo el buque se sale de ella, la tomará nuevamente, haciendo caídas lo bastante pronunciadas como para entrar rápidamente a la recta, y que no sean tan grandes que el buque se pase al otro lado de la enfilación, pudiendo originar con ello, hasta peligro para la nave, según sea el paraje donde está efectuando la navegación. La práctica y el motivo del abati-



miento (corriente, viento, mal gobierno etc.), proporciona la medida para mantenerse en la enfilación.

#### 9.09 NAVEGAR SIGUIENDO UNA DEMARCA- CION.

Cuando no se cuenta con enfilaciones apropiadas para emplearlas y seguir una ruta determinada libre de peligros, es muy útil navegarlo siguiendo una demarcación. El procedimiento consiste en tomar una demarcación a algún punto u objeto que coincida con el rumbo a navegar, y enseguida llevar la navegación en tal forma, que el buque avance por esta demarcación. Cuando el buque va en la ruta la demarcación coincidirá con la proa.

#### 9.10 SITUACION POR DEMARCA- CION Y DISTANCIA.

Si sólo se tiene un punto a la vista, la situación puede determinarse mediante una demarcación y la distancia. Bastará entonces, tomar la demarcación al punto visible y sobre esta demarcación trazada en la carta aplicarle la distancia y se obtendrá la posición del buque. Este sistema es muy usado en las navegaciones de escuadra o en convoyes, pues mediante él, el buque se sitúa con respecto al buque jefe o al guía para mantenerse en la disposición o formación.

Para determinar las distancias los buques emplean especialmente el RADAR (demarcación y distancia), el telémetro, cablómetro, estadímetro y el sextante.

El más exacto es el Radar, que a su vez obtiene distancias mayores que los demás instrumentos.

#### 9.11 MEDICION DE DISTANCIAS CON EL SEX- TANTE Y OTROS INSTRUMENTOS.

Para obtener distancias con el sextante, es necesario previamente medir el ángulo vertical comprendido entre la línea de agua o del horizonte visible y la cúspide de un objeto de altura conocida "H". Se distinguen dos casos:

a) Cuando la cúspide se encuentra dentro del horizonte visible o del mar correspondiente a la elevación del ojo del observador.

b) Cuando la cúspide se encuentra fuera del horizonte visible o del mar; es decir, que parte a lo cual se va a medir el ángulo, queda bajo el horizonte, correspondiente a la altura del ojo del observador.

Para el primer caso, la TABLA N° 9 DE BOW-DITCH, lo resuelve directamente entrando con la altura del objeto en pies y el ángulo del sextante, corregido el error instrumental, y se obtiene la distancia en millas.

Para el 2° caso, la fórmula que da la distancia es complicada, pero hay tablas que la tienen calculada, entrando con la diferencia de altura del objeto menos elevación del ojo observador, y el ángulo medido, corregido de la depresión y refracción para la distancia estimada del objeto.

El hecho que uno de los argumentos sea un dato "estimado", nos da una idea de lo poco exacto de este caso.

A continuación se mencionan los instrumentos más usuales que sirven para medir distancias, especialmente en navegación en escuadra:

##### a) ESTADIMETRO.

Indica la distancia entre 200 y 10.000 yardas a un objeto de altura conocida que varía entre 50 y 200 pies. Normalmente se emplea en formación con otras unidades navales conociendo la altura de los mástiles, etc. sobre la línea de agua de los buques.

##### b) CABLOMETRO.

Similar al anterior, indica la distancia en cables entre  $\frac{1}{4}$  y 30 cables a un objeto de altura conocida hasta de 200 pies. Hay tipos de menor tamaño que indican solamente hasta 10 cables de distancia.

##### c) STATION KEEPER.

Instrumento manual que consiste en un prisma isósceles encerrado en un marco de bronce o madera. Indica la distancia a un objeto de altura conocida empleando un gráfico a escala donde figuran las diferentes alturas con sus respectivas distancias.

##### d) TELEMETRO.

Instrumento óptico que indica directamente la distancia en metros a cualquier objeto. Generalmente en el puente se emplea el telémetro portátil de coincidencia para distancias menores. Es susceptible a errores propios del instrumento y también de observación, por lo que debe usarse con precaución.

El instrumental nombrado trae sus respectivos catálogos en los que se indica detalladamente su descripción, mantención y empleo.

#### 9.12 SITUACION POR MARCACION Y SONDAS.

Este método de situación exige que la carta empleada provenga de un levantamiento hidrográfico completo y que haya buena densidad de sondas con veriles bien determinados.

Para usar este sistema no debe olvidarse que las sondas marcadas en las cartas, vienen dadas

para el "nivel de reducción", que en Chile está determinado por la mayor bajamar de sicigias de la localidad, estando la Luna en el perigeo; en consecuencia cuando se mide la profundidad, al dato que se obtiene debe hacerse una corrección de acuerdo con el estado de la marea, para referirla al nivel de reducción, única manera de poderlas comparar con las de la carta.

Si por razones de neblina u otra cualquiera, en el momento de sondear sólo se pudo tomar una marcación, la combinación sonda-marcación nos daría la posición aproximada.

### 9.13 SITUACION POR DOS DEMARCACIONES A UN MISMO PUNTO CON INTERVALO NAVEGADO.

Se llama así, la situación que se obtiene al combinar una demarcación transportada con otra marcación al mismo punto o a un segundo punto.

El método es muy sencillo y se usa muy a menudo, especialmente de noche, cuando se tiene un solo faro a la vista.

El procedimiento a seguir para obtener situación se ilustra con un ejemplo, para mayor claridad y fácil comprensión.

**Ejemplo:** Un buque navega al  $020^\circ$ ; a las 2100 horas demarca un faro al  $060^\circ$  con corredera 53',0. A las 2135 horas vuelve a demarcarlo al  $110^\circ$  con corredera 61',0; coeficiente corredera 1,0. Se pide la situación a las 2135 horas. (Figura 9.13).

**Procedimiento.** Se traza la 1ª demarcación  $060^\circ$  al faro F y da la línea de posición AF.

Trazar la 2ª demarcación  $110^\circ$  al faro, dando la línea de posición BF.

Desde el faro F traza el rumbo  $020^\circ$  del buque marcando en él, la distancia de 8 millas navegadas entre las dos demarcaciones, obteniendo el punto "C".

Desde el punto "C" obtenido, se traza una paralela a la primera demarcación. El corte de esta primera demarcación transportada con la 2ª demarcación dará la situación del buque.

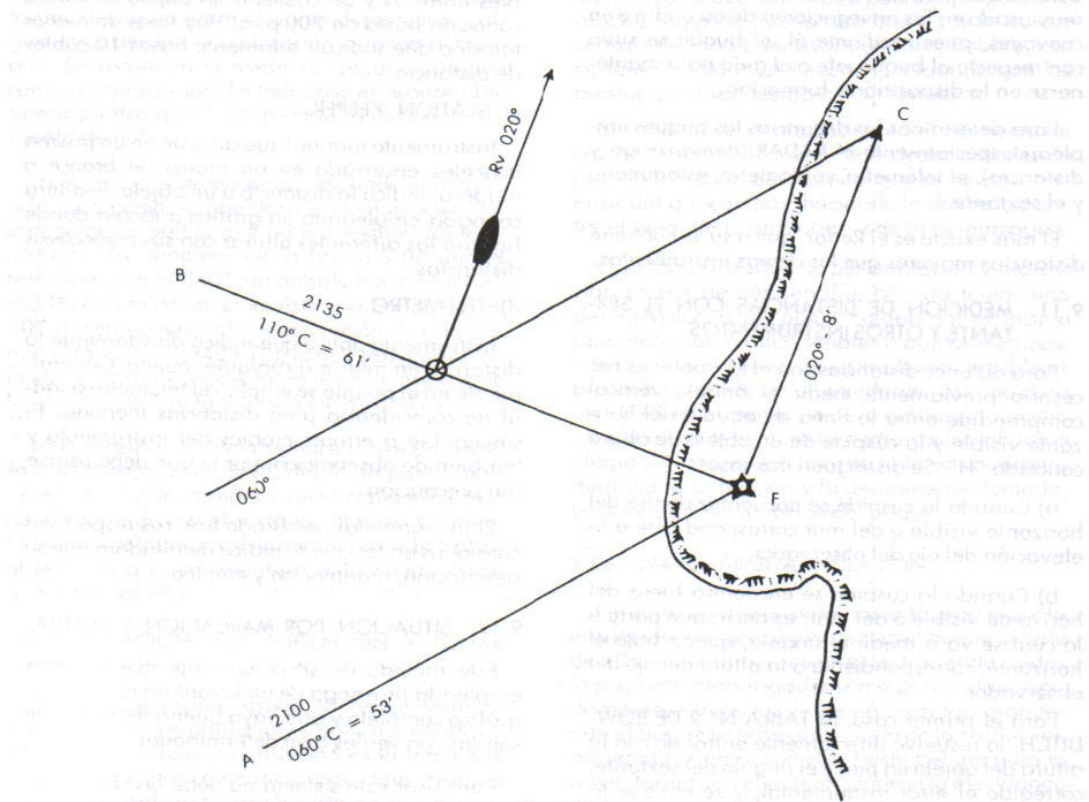


Figura 9.13



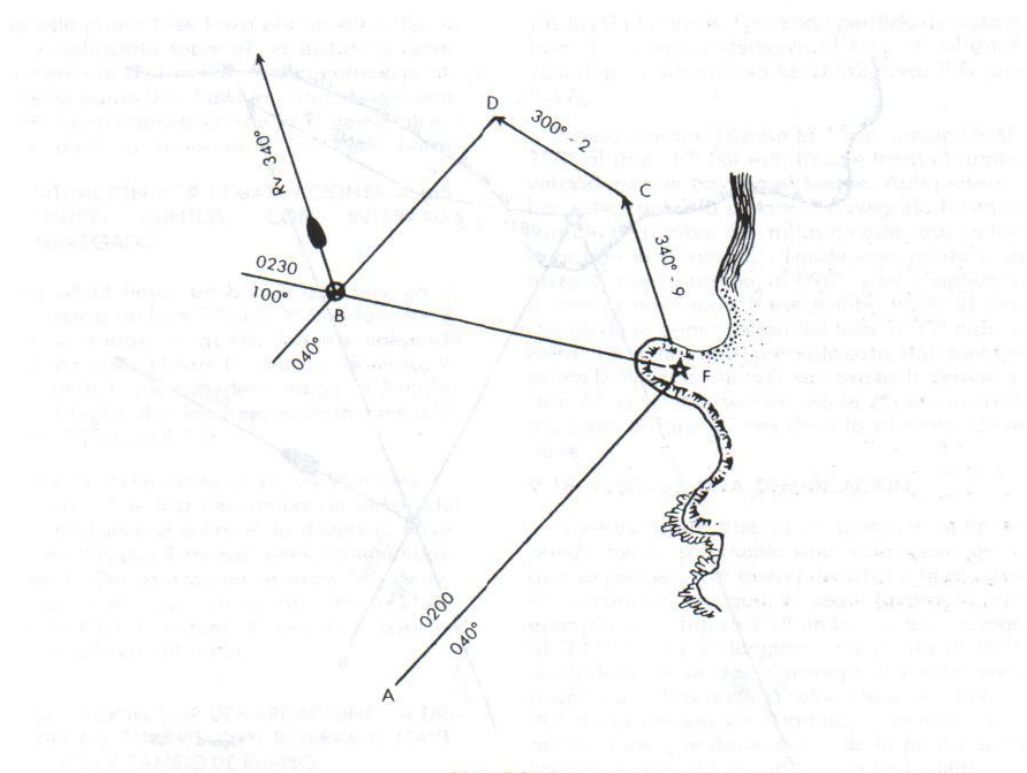


Figura 9.14

**9.14 SITUACION POR DOS DEMARCACIONES A UN MISMO PUNTO CON INTERVALO, CONSIDERANDO EL EFECTO DE LA CORRIENTE.**

A las 0200 hrs. un buque gobierna al  $340^\circ$  y a 18 nudos, demarca un faro al  $040^\circ$ . A las 0230 horas vuelve a demarcar el faro al  $100^\circ$ . Se pide la situación, sabiendo que lo está afectando una corriente que tira al  $300^\circ$  a razón de 4 nudos. (Figura 9.14).

**Procedimiento.** Por el faro F trácese el rumbo verdadero y sobre éste aplíquese la distancia navegada en el lapso entre las dos demarcaciones (media hora 18 nudos, son 9 millas), encontrando C, por el que aplicaremos el rumbo y velocidad de la corriente en el mismo tiempo, o sea al  $300^\circ - 2$  millas, determinando el punto D; punto por el que trazaremos la primera marcación AF transportada cuya intersección con la segunda demarcación BF nos dará la situación de la nave a las 0230 horas.

**9.15 SITUACION POR DOS DEMARCACIONES A UN MISMO PUNTO CON INTERVALO NAVEGADO, Y CAMBIO DE RUMBO ENTRE LAS DEMARCACIONES.**

Supongamos que un buque navega al  $081^\circ$  y a 14 nudos. A las 2015 horas demarca un faro F al  $020^\circ$ . A las 2030 horas cambia rumbo al  $060^\circ$ . A las 2100 horas vuelve a demarcar el faro F al  $330^\circ$ . Se pide la situación. (Figura 9.15).

**Procedimiento.** Si se trabaja con velocidades en lugar de distancias navegadas por correderas o revoluciones de la máquina; se empleará la tabla 19 de Bowditch, cuyos argumentos son velocidad, tiempo y distancia. Conociendo dos de ellos se obtiene el tercero.

Trácese la 1ª demarcación,  $020^\circ$  al faro F, y nos da el trazo AF. Por el faro F trácese el rumbo verdadero que navega el buque y aplíquese la distancia navegada hasta el cambio de rumbo, 3,5 millas en este caso, determinando el punto C.

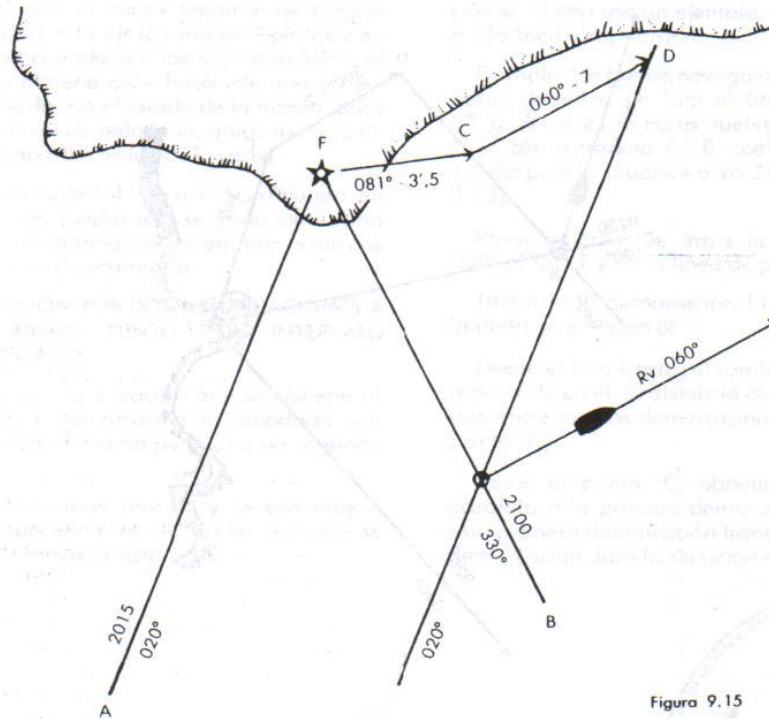


Figura 9.15

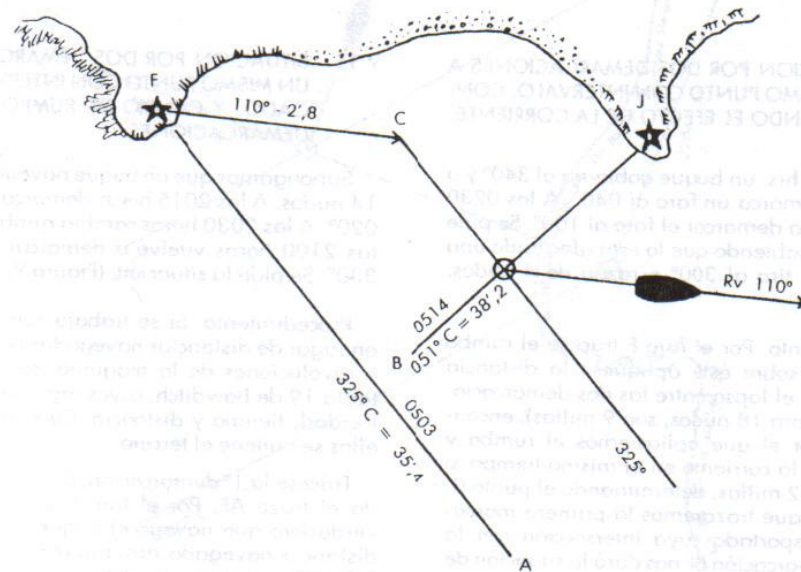


Figura 9.16



Desde este punto C se traza el nuevo rumbo, al  $060^\circ$ , y aplicando sobre él, la distancia navegada a ese rumbo 7 millas, se encuentra el punto D. Por este punto D se traza la primera demarcación AF, cuya intersección con la 2ª demarcación BF nos dará la situación a las 2100 horas.

#### 9.16 SITUACION POR DEMARCACIONES A DISTINTOS PUNTOS, CON INTERVALO NAVEGADO.

A las 0503 horas un buque que navega al  $110^\circ$  demarca un faro "F" al  $325^\circ$  siendo la corredera 35,4 millas. A las 0514 horas habiendo perdido de vista el faro F, avista y demarca el faro "J" al  $051^\circ$  y la corredera marca 38,2 millas. Coef. = 1.0 ¿Cuál es la situación de la nave a las 0514 hrs.? (Figura 9.16).

Trácese la 1ª demarcación AF,  $325^\circ$  al faro "F". Por el faro "F" se traza el rumbo verdadero del buque, aplicándose sobre él la distancia navegada entre las dos demarcaciones, obteniéndose el punto C. Por este punto se traza la primera demarcación BF,  $051^\circ$  al faro "J", nos da la posición del buque a las 0514 horas.

#### 9.17 SITUACION POR DEMARCACIONES A DISTINTOS PUNTOS CON INTERVALO NAVEGADO Y CAMBIO DE RUMBO.

Un buque navega al  $070^\circ$  y a 18 nudos. Sin corriente. A las 0305 horas, demarca un faro "F" al  $300^\circ$ . A las 0320 horas cambia rumbo al  $090^\circ$

y a las 0332 horas, habiendo perdido de vista el faro "F", avista y demarca el faro "J" al  $046^\circ$ . ¿Cuál es la situación a las 0332 horas? (Figura 9.17).

Procedimiento. Trácese la 1ª demarcación AF,  $300^\circ$  al faro "F". Por este faro se traza el rumbo verdadero que navega el buque. Aplíquese sobre este rumbo la distancia navegada hasta el cambio de rumbo, 4,5 millas en este caso, determinando el punto "C". Desde este punto C se traza el nuevo rumbo, al  $090^\circ$ , y se le aplica la distancia navegada a ese rumbo hasta el momento de la demarcación del faro "J" (2ª demarcación), 3,6 millas en el presente caso, dándonos el punto D. Por este punto D, se traza la 1ª demarcación BF,  $046^\circ$  al faro "J" nos dará la situación de la nave.

#### 9.18 USO DE UNA DEMARCACION.

A veces ocurre que en un momento dado se puede tomar solamente una marcación, de la que se puede sacar buen provecho si la observa en circunstancias que le sean favorable. Por ejemplo en la figura 9.18 un buque que navega al  $330^\circ$  avista y demarca una punta al  $010^\circ$  verdadero. Si se desea corregir el rumbo para pasar a 5 millas bastará colocarse a un rumbo a  $90^\circ$  de la demarcación tomada, navegar las 5 millas o las que desee pasar de la punta, para colocar enseguida un rumbo igual a la demarcación, con lo que pasará a la distancia deseada.

Otro caso en que una demarcación puede ser de utilidad, es la que se presenta en la figura

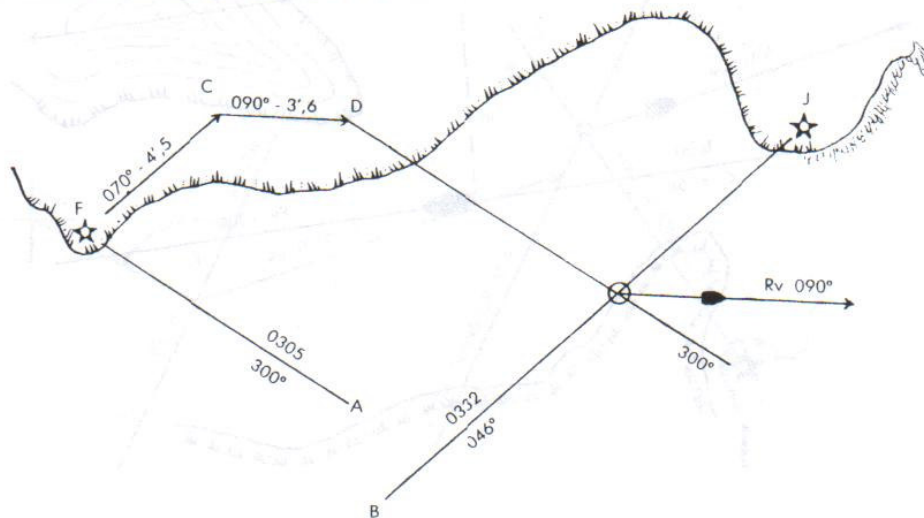


Figura 9.17

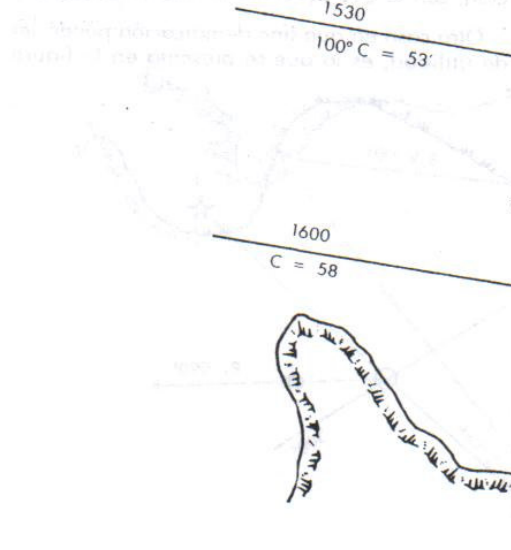
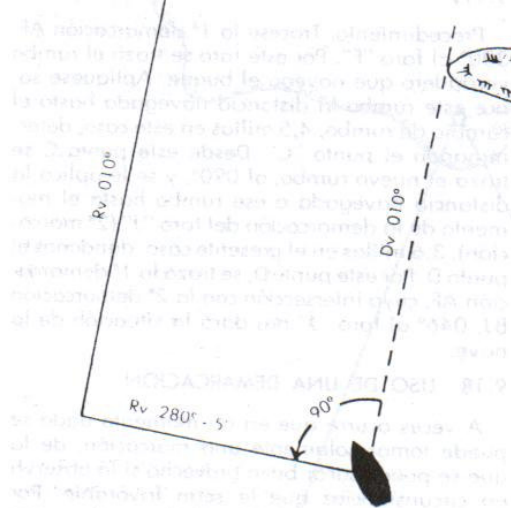
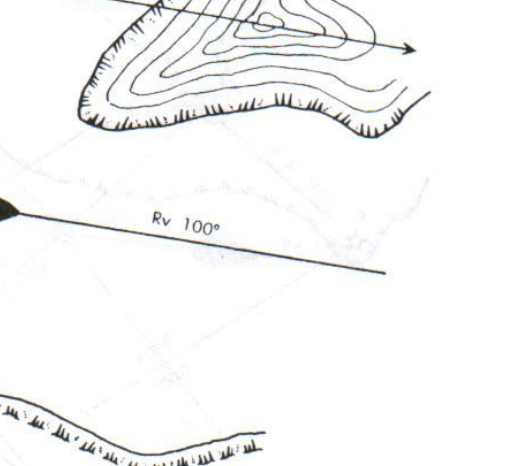


Figura 9.18-a

El primer punto D se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto D. El segundo punto E se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto E. El tercer punto F se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto F. El cuarto punto G se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto G. El quinto punto H se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto H. El sexto punto I se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto I. El séptimo punto J se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto J. El octavo punto K se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto K. El noveno punto L se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto L. El décimo punto M se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto M. El undécimo punto N se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto N. El duodécimo punto O se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto O. El treceavo punto P se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto P. El catorceavo punto Q se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto Q. El quinceavo punto R se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto R. El dieciséavo punto S se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto S. El dieciséavo punto T se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto T. El dieciséavo punto U se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto U. El dieciséavo punto V se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto V. El dieciséavo punto W se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto W. El dieciséavo punto X se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto X. El dieciséavo punto Y se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto Y. El dieciséavo punto Z se halla en la prolongación de la línea que pasa por el punto C y es tangente a la circunferencia en el punto Z.

2.18 SITUACION POR DEMARCACIONES Y PUNTOS CON INTERVALOS

3102 J. Neurosci., September 24, 2008 • 28(39):3097–3107





9.18-a, que representa una Boca de canal en cuyo extremo norte existe un cerro característico de fácil reconocimiento y visible a través de la neblina baja. Si se demarca en el momento que esta marcación sea igual al nuevo rumbo con que se entrará al canal y se anota la hora y corredera en ese instante, está claro que cuando el buque haya navegado la separación entre ambas líneas de rumbo, la nave estará en alguna parte del rumbo de entrada. La exactitud depende del lapso que se navegue.

Procedimiento. Trace en la carta el rumbo que va a seguir para entrar en la Boca del Canal o Paso al  $100^\circ$  en el caso que nos ocupa. Cuando el cerro demarca el  $100^\circ$  anota hora y corredera, 1530 hrs. corredera = 53 millas. Determina en la carta la distancia hasta el nuevo rumbo, 5 millas. Se aplica a la lectura de la corredera y cuando ésta le marque 58 millas, caerá a un rumbo igual a la marcación tomada,  $100^\circ$ . No olvidar corregir el error de la corredera.

#### 9.19 USO DE UNA DEMARCACION Y RECTA DE ALTURA.

Una demarcación puede combinarse con una recta de altura, la que nos dará la posición de la nave.

Supongamos que un buque a las 1900 hrs. obtuvo una recta de altura por observación de astro. A las 2015 horas, después de haber navegado al  $070^\circ$  y 18 millas, avista y demarca un faro al  $145^\circ$ . Se pide la situación. (Figura 9.19).

Procedimiento. Con su Intercepto y Azimut trace la recta de altura en su carta. Desde el determinante trace el Rv.  $070^\circ$  y aplique la distancia navegada hasta el momento de la demarcación al faro "F", 18 millas, encontrando el punto A. Traslade la recta de altura haciéndola pasar por el punto A. La intersección de la recta transportada con la demarcación al faro da la situación de la nave a las 2015 horas.

#### 9.20 METODOS ESPECIALES DE SITUACION.

Todos los métodos de situación que hemos expuesto son netamente gráficos. Pero existen otros métodos que permiten situar fácilmente la nave y que son empleados en la práctica, a saber:

- Método trigonométrico o de la Tabla 7.
- Método de los ángulos dobles.

#### A.- SITUACION EMPLEANDO LA TABLA N° 7 DE BOWDITCH.

En el puente, el cálculo trigonométrico sería largo y molesto, cuando en la navegación costera se necesita tener situaciones rápidamente. Para evitar demoras, se confeccionó la Tabla N° 7 de Bowditch que resuelve con rapidez y facilidad el procedimiento trigonométrico, observando las diferencias angulares entre la línea de rumbo y dos demarcaciones tomadas a un mismo objeto.

La Tabla 7 permite calcular la distancia al objeto en el momento de tomar la segunda demarcación, y la distancia que se pasará a la cuadra.

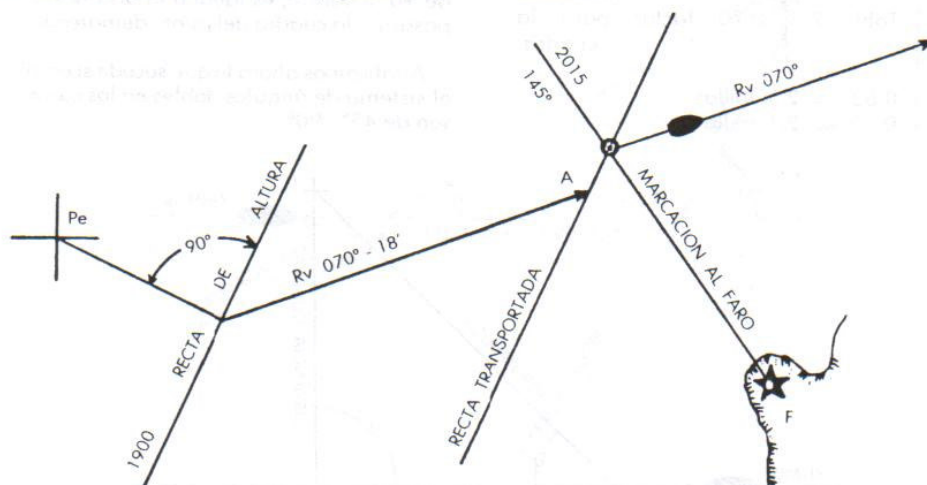


Figura 9.19

Los argumentos de entrada vienen colocados ARRIBA y a la IZQUIERDA. En la columna de arriba se entra con la "diferencia entre el rumbo y la primera demarcación", en la columna de la izquierda se entra con la diferencia entre el rumbo y la segunda demarcación.

Los argumentos de salida vienen tabulados en dos columnas y son "FACTORES". El de la izquierda es el factor para determinar la distancia en el momento de la segunda marcación; y el derecho para obtener la distancia a que se pasará a la cuadra.

Ejemplo:

Un buque navega al 098° y a 12 nudos. A las 1813 horas demarca un faro al 072° y a las 1828 horas lo vuelve a marcar al 040°. Se pide.

- Distancia al faro a las 1828 horas.
- Distancia al faro cuando esté a la cuadra.

Procedimiento. Distancia navegada entre las 1813 horas y 1828 hrs. o sea en 15 minutos = 3 millas.

Diferencia entre la línea de rumbo y la 1ª demarcación = 26°

Diferencia entre la línea de rumbo y la 2ª demarcación = 58°.

|                |         |                                  |
|----------------|---------|----------------------------------|
| Con 26<br>y 58 | Tabla 7 | 0,83 factor para 2ª<br>Marcación |
|                |         | 0,70 factor para la<br>cuadra.   |

- $3 \times 0,83 = 2,5$  millas
- $3 \times 0,70 = 2,1$  millas

Cuando la segunda demarcación relativa es 90° los dos factores son iguales; en este caso el punto está a la "cuadra" en el momento de demarcarlo, en consecuencia la distancia al punto es igual a la distancia a la cuadra.

En cambio, cuando la segunda marcación relativa es mayor que 90° no tenemos para que determinar la distancia de la cuadra porque ya pasó.

#### B. - SITUACIÓN POR ANGULOS DOBLES.

En ciertos casos del sistema planteado anteriormente y resueltos por la Tabla 7; o sea, "de distancia navegada entre dos demarcaciones relativas", se resuelven fácilmente. El más simple y frecuentemente usado es el llamado el de "la amura y cuadra", o bien "45° y 90°", es decir cuando la primera marcación relativa es 45° (por la amura), y la segunda es 90° (por la cuadra).

En este caso se forma un triángulo rectángulo e isósceles y sabemos que en éstos, los catetos son iguales.

Luego en la Fig. 9.20 tenemos que cateto AB = BF en que AB es la distancia navegada y BF es la distancia a la cuadra del punto F. Es decir que en el caso "amura-cuadra" o "45° - 90°" la distancia navegada entre la demarcación relativa 45° y la de 90° (cuadra), es igual a la distancia a que se pasará a la cuadra del punto demarcado.

Analicemos ahora lo que sucede si empleamos el sistema de ángulos dobles en los casos que no son de 45° - 90°.



Figura 9.20



# SITRIEMP S.A. CHILE

217

En el triángulo ABC, Fig. 9.20-a, tenemos  $\beta = 180 - 2\alpha$ .

Sabemos que  $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$

Reemplazando a  $\beta$  por su valor tenemos

$$\alpha + (180 - 2\alpha) + \gamma = 180$$

$$\alpha + \gamma = 180 - (180 - 2\alpha)$$

$$\alpha + \gamma = 180 - 180 + 2\alpha$$

$\gamma = \alpha$  de donde se deduce que el triángulo ABC es isósceles y por consiguiente  $AB = BC$ , es decir que, "la distancia navegada entre una demarcación relativa que forma  $A^\circ$  con la proa y la demarcación que forma un ángulo  $2A^\circ$  con la proa, es igual a la distancia que se está del punto fijo en el momento de tomar la segunda demarcación".

Podemos resumir el método de situación de ángulos dobles diciendo, "que la distancia al objeto en el momento de la segunda demarcación es igual a la distancia navegada entre la primera y segunda demarcación".

No debe olvidarse que estas demarcaciones son relativas y el navegante deberá reducirlas a verdaderas, con el objeto de no cometer errores al tomarlas o al trazarlos en su carta de navegación.

## 9.21 MARCACION PELIGROSA.

Navegando en lugares difíciles, en que existan bajos fondos, que hagan peligrosa la navegación dentro de ciertos límites, las cartas traen indicadas una línea recta denominada "MARCACION PELIGROSA" como advertencia para navegar libre de peligros sumergidos. Marcación dentro de la cual no debe navegar una nave.

Cuando no existe esta marcación trazada en la carta, el navegante puede y debe procurarse una, mediante la demarcación a un punto notable, convenientemente elegido y observándola constantemente podrá darse cuenta si va claro o no, manteniéndose por fuera de la marcación.

## 9.22 ANGULOS PELIGROSOS.

Denominase ángulos peligrosos los que se colocan en el sextante y que sirven para pasar claro de peligros; los hay de dos clases:

- a) Verticales.
- b) Horizontales.

### A) ANGULOS VERTICALES.

Si el peligro que nos inquieta está cerca de una costa alta o de un faro, se procede como sigue:

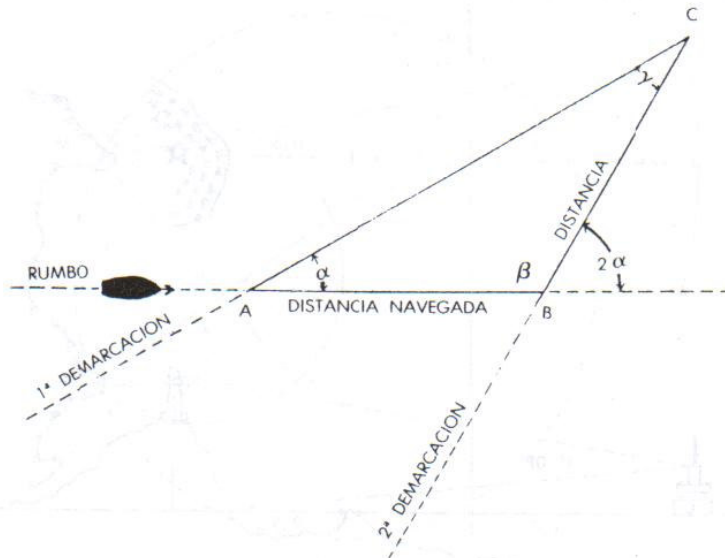


Figura 9.20-a

Vamos a suponer que con una  $E_o$  de 40 pies se desea pasar a una milla de una roca que no aflora en bajamar y que está a media milla de un faro elevado a 180 pies, tal como se indica en la figura 9.22.

Con centro en el faro y con un radio de 1,5 millas describese un arco de círculo. Enseguida determínese la altura del faro desde el nivel del mar de acuerdo con el estado de la marea, la que se empleará para entrar a las Tablas.

Entre a la tabla 9 de Bowditch con la diferencia entre la altura del faro (deducida según la marea) y la  $E_o$  como argumento horizontal y con la distancia en millas como argumento vertical, encontrando el ángulo vertical que hay entre el faro y el nivel del mar, en este caso  $0^\circ 52',5$ .

Enseguida con los valores de la  $E_o$ , y la distancia a la costa, entre a la tabla 22 de Bowditch para tener el ángulo de depresión, el que se corregirá al ángulo obtenido en la tabla 9.

$$\begin{array}{r} 0^\circ 52',5 \\ \text{corr.} + 15',7 \\ \hline 01^\circ 08',2 \end{array}$$

Si colocamos este ángulo de  $01^\circ 08',2$  en el sextante y miramos hacia la línea de la costa y vemos la imagen reflejada del tope del faro

coincidiendo con la de la costa, significa que estamos en la distancia que nos marca el arco de círculo. Si él tiende a aumentar quiere decir que nos estamos acercando al bajo. Si el ángulo disminuye nos estamos alejando.

Cuando la "amplitud de la marea" no es muy grande puede emplearse la altura del faro dado por la carta o la lista de faros, como argumento para la Tabla 9 de Bowditch.

También puede ser resuelto el problema contrario, es decir calcular la distancia en millas a la costa midiendo con el sextante el ángulo vertical a un objeto de altura conocida. Téngase cuidado de que la corrección obtenida en la tabla 22 deberá, ahora, ser restada.

En ambos casos debe hacerse al sextante la corrección por  $E_i$ .

#### B) ANGULOS HORIZONTALES.

Un buque que navegue un paso peligroso, puede hacerlo con mayor seguridad si puede ir controlando en todo momento la distancia que lo separa del peligro.

Esta información puede ser obtenida por algunos medios conocidos o bien usando el sistema de ángulos peligrosos horizontales.

En la figura 9.22-a, un buque está navegando a lo largo de la costa sobre el rumbo A B. Se desea mantener al buque fuera del peligro D.

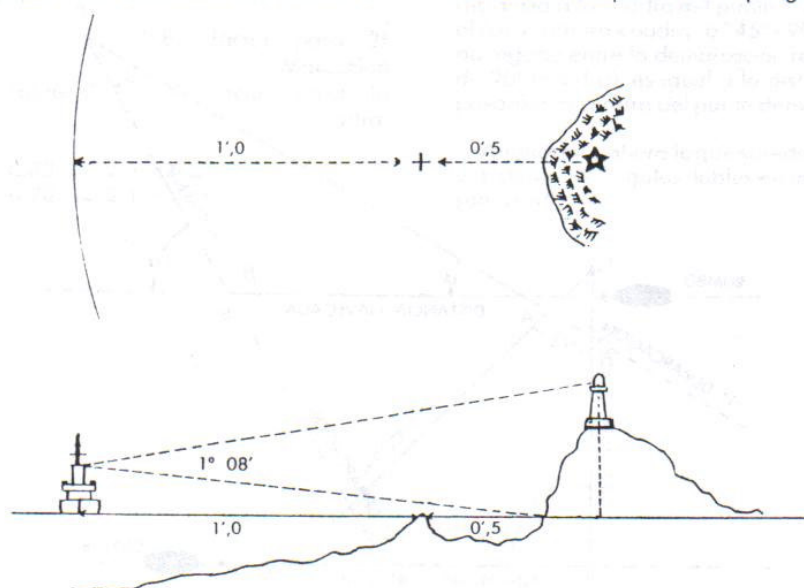


Figura 9.22



Tenemos que dos objetos o puntos prominentes están ubicados en M y N.

Trácese un círculo que pasando por M y N sea tangente a la orilla exterior del peligro D. Si X es un punto de este círculo, el ángulo  $M X N$ , es el mismo en cualquier punto del círculo, excepto en la parte comprendida entre M y N.

Luego cualquier ángulo que sea mayor al ángulo  $M X N$ , indicará que la nave está dentro del círculo; es decir que su posición es peligrosa.

Por el contrario si los ángulos que se toman son más pequeños, nos dirá que estamos fuera del círculo trazado, es decir más alejado del peligro.

Podemos decir entonces que el ángulo  $M X N$  nos indica el valor máximo del ángulo horizontal peligroso y del cual no debemos pasar.

Hay veces que un valor mínimo puede ser usado como ángulo peligroso y esto ocurre cuando las señales o puntos que se eligieron para tomar el ángulo, quedan a la banda contra-

ria del peligro, tal como  $D'$  en la figura 9.22-a. El círculo es dibujado a través de M y N y tangente a la orilla interior del área peligrosa. En este caso el ángulo deberá mantenerse más grande que  $M Y N$ , para estar claro de peligro.

Si un buque va a pasar entre las dos áreas de peligro, como en el caso de la figura, los ángulos horizontales entre los cuales se debe mantener será menor que  $M X N$  y mayor que  $M Y N$ .

Demarcaciones a tierra pueden usarse para indicar la entrada y salida del círculo más grande.

Si se desea, y es conveniente, puede darse un margen de seguridad, trazando los círculos, no tangentes a los veriles como se hizo en este caso, sino que tomando una distancia con algún resguardo a ellos.

Para obtener los ángulos puede hacerse, calculándolos por diferencia de demarcaciones o bien tomándolos con el sextante, debiendo tenerse cuidado que los puntos elegidos estén aproximadamente en la horizontal.

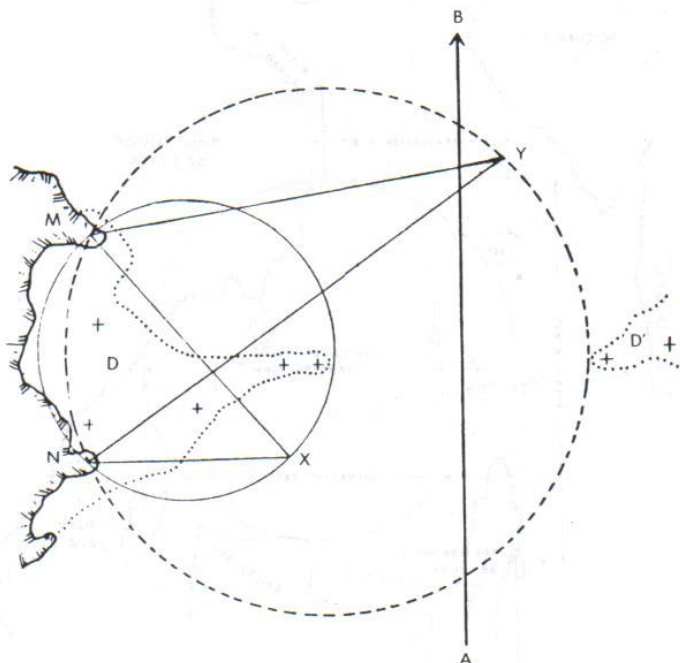


Figura 9.22-a

### 9.23 CARACTERÍSTICAS TÁCTICAS Y SU EMPLEO

Las curvas de giro de una nave proporcionan lo que se llama "Características Tácticas" de ella, las cuales se refieren esencialmente a la manera que el buque responde a las órdenes y efectos tanto de las máquinas como del timón.

Cada buque reacciona de modo diferente con los ángulos de timón y cambios de velocidad, atendiendo a sus propias condiciones evolutivas determinadas por el tipo de buque, hélice y paso, calado, poder de máquinas, tipo y tamaño del timón, etc., y también por otros factores como son el estado del mar y viento, la profundidad de las aguas donde se navega, corrientes, etc.

El navegante debe, entonces, conocer muy bien los datos tácticos de su buque, como asimismo debe saber aplicarlos en las variadas circunstancias que pueden presentarse, como ser: navegación en escuadra, en canales o pasos angostos, entrada y salida de puertos, en áreas restringidas de maniobras, en parajes corrientosos, etc.

Lo anterior cobra especial importancia en buques de tamaño mayor, cuando se contornea una punta, un peligro o al efectuar cambios de rumbos en aguas restringidas, ya que deberán conocerse muy bien los datos tácticos para determinar exactamente el punto para iniciar la caída y la distancia al nuevo rumbo, de modo que la nave, una vez concluida la maniobra, quede efectivamente navegando en el track trazado en la carta.

En general, los diferentes métodos para efectuar y determinar las curvas de giro consisten en la realización de giros completos de  $360^\circ$  que hace el buque por estribor y babor a distintas velocidades y ángulos de timón. De esta manera se tiene una curva de giro para cada condición y de ella se deducen los elementos que la terminología náutica denomina "datos tácticos".

La Fig. 9.23 muestra un ejemplo de curva de giro de un buque y de la cual se obtienen los siguientes términos y elementos cuyas definiciones son:

**AVANCE.** Es la distancia alcanzada en la

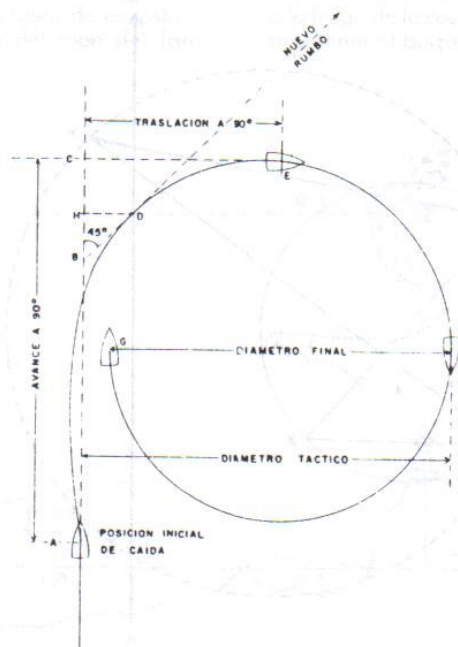


Figura 9.23





Una vez graficadas las curvas de giro, se confeccionan las diferentes tablas (generalmente de  $15^\circ$  a  $20^\circ$  de ángulo de caída) que contienen los valores de los elementos que las constituyen y que ya han sido explicados, de tal modo que el navegante pueda emplearlos cuando los necesite.

#### EJEMPLO:

##### A) Método "Avance y Traslación".

Supongamos un buque navegando en la Angostura Inglesa de N. a S. (Fig. 9.23-a) con los siguientes datos obtenidos de las tablas de curvas de giro:

Angulo de caña de  $15^\circ$  para una caída de  $85^\circ$  a estribor se tiene un avance de 700 metros y una traslación de 400 metros a una velocidad de 12 nudos.

1) Trace una paralela a la línea del rumbo original  $175^\circ$  y hacia el lado W y a una distancia igual a la traslación.

2) La intersección de esa paralela con el nuevo rumbo  $260^\circ$  v indica el punto de término de la caída (punto "a" de la Fig. 9.23-a).

3) Desde el punto a trace una perpendicular ubicando el punto "b". El tramo "ab" corresponde a la traslación.

4) Desde "b" mida el avance de 700 mts. ubicando el punto "c", que corresponde al instante de colocar la caña  $15^\circ$  a estribor.

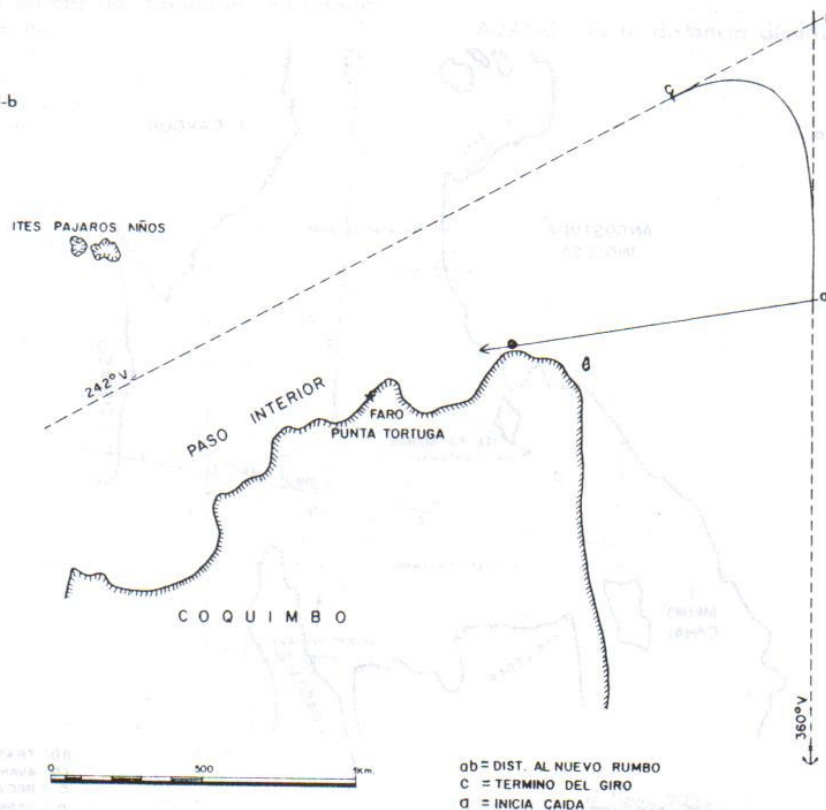
5) Desde "c" trace una demarcación a ltes. Patagonia la que fijará el momento de la caída. No olvidar la comprobación con lo que debe marcar la corredera.

Además se deberá ir atento con la corriente, ya que su efecto obligará a aumentar o disminuir el ángulo de caña.

##### B) Método "distancia al nuevo rumbo".

Supongamos un buque saliendo desde la bahía Coquimbo hacia el Sur a través del Paso

Figura 9.23-b





Interior, con los siguientes datos sacados de las tablas de las curvas de giro:

Angulo de caña  $15^\circ$  para una caída de  $118^\circ$  a babor y a la velocidad 15 nudos, se tiene la distancia al nuevo rumbo igual a 900 metros.

En la Fig. 9.23-b se tiene:

1) El punto "b" se ubica por ser la intersección de los rumbos original y final.

2) Desde el punto "b" mida la distancia de 900 metros ubicando el punto "a" que corresponde al instante de colocar la caña  $15^\circ$  a babor.

3) El punto "c" corresponde al momento de terminar la caída.

4) Desde "a" trace una demarcación a Punta Tortuga, la que fijará el instante de la caída.

#### 9.24 FAROS.

En las cartas de navegación vienen indicadas por una estrella que corresponde a la situación geográfica que ocupan en la tierra.

Los datos sobre las luces se dan en la Lista de Faros, publicación que tiene por objeto proporcionar una información más completa sobre ayudas a la navegación, que la que puede figurar en las cartas y derroteros y debe ser consultada de preferencia cuando se desea conocer las características de los faros, balizas y boyas luminosas, no obstante esto, su situación debe obtenerse de las cartas, por ser aproximada la indicada en la Lista de Faros.

#### 9.25 CARACTERISTICA DE LA LUZ DE LOS FAROS, COLOR Y POTENCIA LUMINOSA.

A fin de evitar confusiones se les da a las luces distintas características, variando la duración de los períodos de luz y oscuridad, su color y su potencia.

Según sus características, las luces se clasifican:

**LUZ FIJA (F).** Es visible de manera continua y uniforme, sin variación de intensidad ni de color.

**LUZ A DESTELLOS SIMPLES (D).** Luz que se muestra a intervalos regulares, siendo la duración de la luz más breve que la de la oscuridad.

**LUCES EN GRUPO DE DESTELLOS (Gr. D).** Cada grupo muestra el mismo número de destellos que se repiten a intervalos regulares.

**LUCES EN GRUPOS DE DESTELLOS COMBINADOS (Gr. D. C.).** Es la combinación de grupos alternados de diferente número de destellos.

**LUZ ISOFASEICA.** La duración de la luz y oscuridad son iguales.

**LUZ DE OCULTAMIENTO.** La duración de luz es mayor que la oscuridad. Pueden presentarse en grupos simples o combinados.

**LUZ DE DESTELLOS RAPIDOS.** Exhibe destellos muy rápidos y seguidos de luz y oscuridad.

Los colores de las luces que se emplean comúnmente son: blanco (B), rojo (R), verde (V) y ámbar (Am). En las cartas no se coloca la letra B., indicadora de luz blanca, por ser este color el predominante de las luces.

La potencia luminosa se expresa en candelas, unidad que tiene la siguiente equivalencia:

$$1 \text{ candela} = 0,98 \text{ bujías decimales o internacionales.}$$

#### 9.26 SECTORES DE VISIBILIDAD.

Los Azimutes o marcaciones que indican los sectores en que se ven los faros, son dados para el navegante, esto es "del mar a tierra" y se cuentan de  $000^\circ$  a  $360^\circ$  en el sentido de las agujas del reloj.

Ej. Sector de visibilidad del Faro "F" es del  $210^\circ$  al  $120^\circ$ . (Fig. 9.26).

En las cartas sólo se indica el "sector oscuro" de los faros a objeto de no entorpecer la lectura de la carta en su zona navegable o de sondas ya que el sector oscuro da generalmente a tierra.

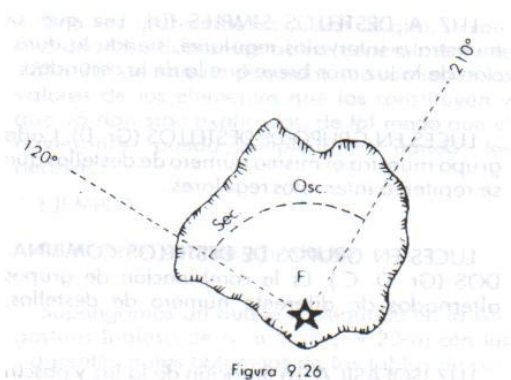


Figura 9.26

Cuando se trata de un faro con sector o sectores oscuros, todos ellos serán dibujados en la carta. Si tiene destellos en colores por sector, en ese caso se dibujará el sector de visibilidad especificando sus colores.

Téngase presente que a corta distancia, las luces de destellos muestran generalmente una débil claridad entre ellos.

A grandes distancias existe tendencia a creer menores los períodos de la luz, lo mismo ocurre con tiempo neblinoso.

En los faros de destellos, su resplandor se ve mucho antes que el destello propiamente tal, sobre todo cuando su luz es reflejada en las partículas acuosas en suspensión en las nubes.

Las luces colocadas a gran altura, faro Guafó por ejemplo, son a menudo ocultas por nubes bajas.

La altura de una luz corresponde a la de su plano focal sobre el nivel medio del mar, dato que viene indicado en metros en la Lista de Faros.

### 9.27 DISTANCIA AL HORIZONTE

Es la distancia, expresada en millas náuticas, desde una posición del observador sobre la superficie de la tierra medida a lo largo de la visual al horizonte visible o de la mar.

La Tabla 8 de Bowditch da esta distancia en millas náuticas y en millas terrestres para diferentes alturas de ojo desde 1 a 200.000 pies, resolviendo las siguientes fórmulas:

#### a) Millas náuticas:

$$D = 1,144 \sqrt{E_o} \quad E_o \text{ en pies.}$$

$$D = 2,04 \sqrt{E_o} \quad E_o \text{ en metros.}$$

#### b) Millas terrestres:

$$D = 1,317 \sqrt{E_o} \quad E_o \text{ en pies.}$$

La distancia al horizonte tiene un empleo especial para el navegante, el cual continuamente debe calcular la distancia a la cual verá la luz de un faro, ya que su alcance está limitado, principalmente, por su luminosidad y la curvatura de la tierra.

### 9.28 ALCANCE DE LOS FAROS

Además de conocer la intensidad de una luz y sus características, el navegante necesita saber a qué distancia efectiva podrá ver un determinado faro.

Los siguientes términos y sus definiciones son los usados por el SHOA en relación con el alcance de una luz, siendo ellos correspondientes con los aprobados por la O.H.I.

**ALCANCE NOMINAL.** Es la mayor distancia en millas náuticas a la cual puede verse una luz en función de su poder luminoso, en una atmósfera homogénea y una visibilidad meteorológica de 10 millas (concepto de tiempo claro).

Corresponde al alcance que viene indicado en las cartas y Lista de Faros.

**ALCANCE LUMINOSO.** Es la mayor distancia en millas náuticas a la cual puede verse una luz bajo las condiciones de visibilidad existentes en el momento considerado.

Como el alcance luminoso se expresa en función del alcance nominal y de la visibilidad meteorológica del momento, el navegante deberá determinarlo cada vez que necesite conocer a qué distancia podrá ver un faro, empleando para ello el Diagrama de la Figura 9.28. A él se entra como argumento horizontal con el valor del alcance nominal o la potencia luminosa en candelas y se ubica verticalmente el punto de intersección con la curva de la visibilidad meteorológica existente, según lo indicado en la Tabla Internacional de Visibilidad Meteorológica que aparece en la Figura 9.28-a.

En el argumento vertical del Diagrama se encontrará el valor del alcance luminoso, que será el dato a emplear por el navegante para su comparación con el alcance geográfico.



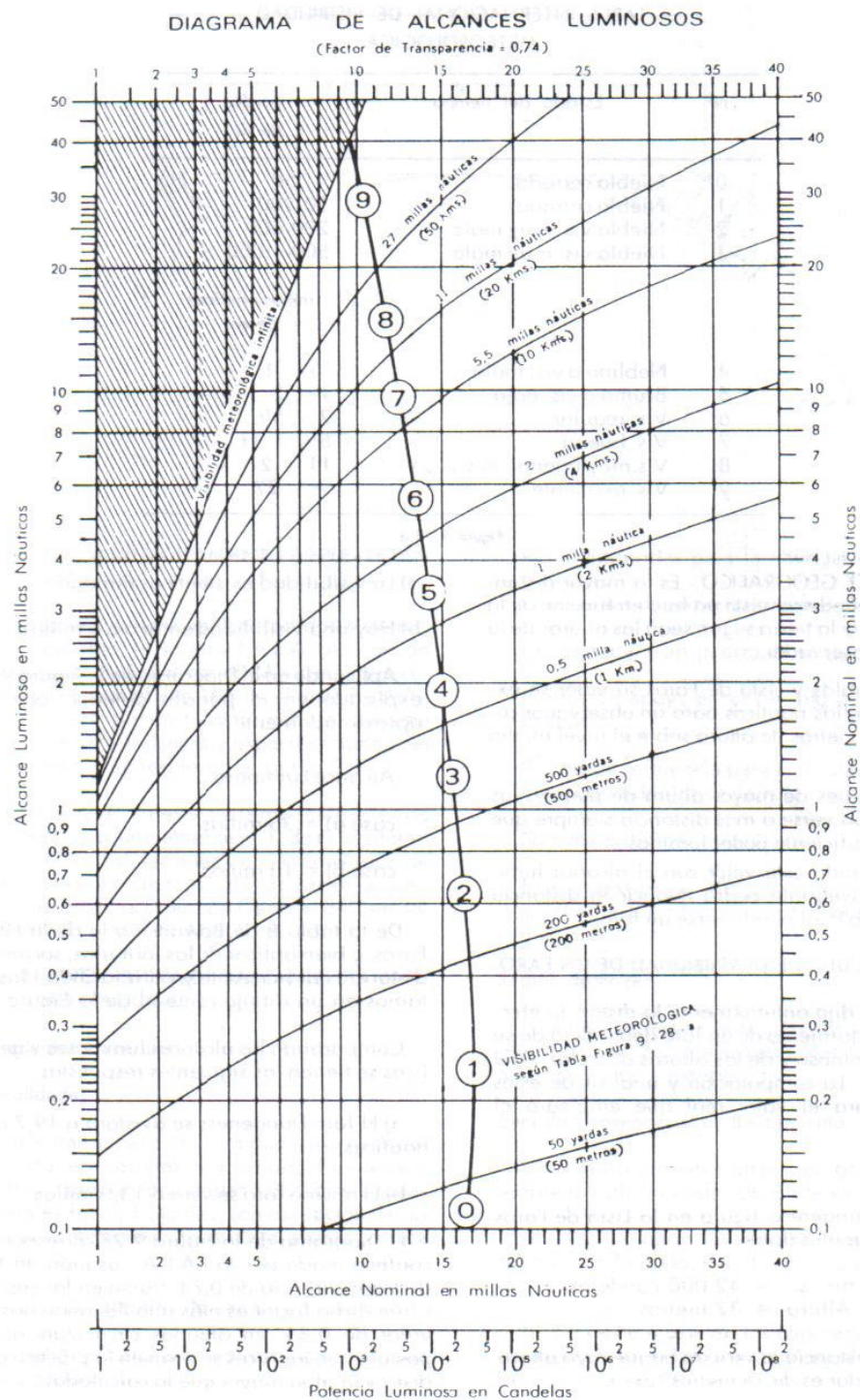


Figura 9.28

202 TABLA INTERNACIONAL DE VISIBILIDAD  
METEOROLOGICA

| Nº | Estado del tiempo    | yardas<br>de vis.          |
|----|----------------------|----------------------------|
| 0  | Niebla cerrada       | < 50                       |
| 1  | Niebla cerrada       | 50-200                     |
| 2  | Niebla vis. muy mala | 200-500                    |
| 3  | Niebla vis. muy mala | 500-1.000                  |
|    |                      | millas náuticas<br>de vis. |
| 4  | Neblina o vis. mala  | $\frac{1}{2}$ - 1          |
| 5  | Bruma o vis. baja    | 1 - 2                      |
| 6  | Vis. regular         | 2 - $5\frac{1}{2}$         |
| 7  | Vis. buena           | $5\frac{1}{2}$ - 11        |
| 8  | Vis. muy buena       | 11 - 27                    |
| 9  | Vis. excelente       | > - 27                     |

Figura 9.28-a

**ALCANCE GEOGRAFICO.** - Es la mayor distancia a que puede ser visto un faro en función de la curvatura de la tierra según sean las alturas de la luz y del observador.

En las tablas y Lista de Faros su valor se expresa en millas náuticas para un observador colocado a 5 metros de altura sobre el nivel medio del mar.

Para buques de mayor altura de puente, las luces podrán verse a más distancia siempre que tengan el suficiente poder luminoso.

Comparando este valor con el alcance luminoso, el navegante podrá deducir la distancia efectiva a la cual puede verse un faro.

#### 9.29 CALCULO DE LA VISIBILIDAD DE UN FARO.

Como se dijo anteriormente la distancia efectiva de avistamiento de un faro dependerá de su alcance luminoso y de las alturas de la luz y del observador. La comparación y análisis de estos factores dará el valor real que empleará el navegante.

#### EJEMPLO:

El faro Dungeness figura en la Lista de Faros con los siguientes datos:

Potencia luminosa = 42.000 candelas.  
Altura = 32 metros.

¿A qué distancia lo verá un buque cuya altura del observador es de 16 metros? Si:

a) La visibilidad existente es ilimitada.

b) Hay una visibilidad entre 6 a 8 millas.

Aplicando en el Diagrama de la Figura 9.28, lo explicado en el párrafo anterior, obtenemos aproximadamente:

Alcance Luminoso

caso a) = 35 millas.

caso b) = 13 millas.

De la tabla 8 de Bowditch o la de la Lista de Faros, o bien aplicando las fórmulas, sacamos las distancias al horizonte y para facilidad las anotamos en un dibujo como el de la Figura 9.29.

Comparando los alcances luminosos y geográficos se tienen las siguientes respuestas:

a) El faro Dungeness se avistará a 19,7 millas náuticas.

b) El mismo faro se verá a 13,0 millas.

El Diagrama de la Figura 9.28 corresponde al confeccionado por la I.A.L.A., usando un factor de transparencia de 0,74. Como en las costas de Chile dicho factor es más alto llegando hasta un valor de 0,85, en algunas circunstancias será posible que las luces se vean en la práctica a una distancia algo mayor que la calculada.



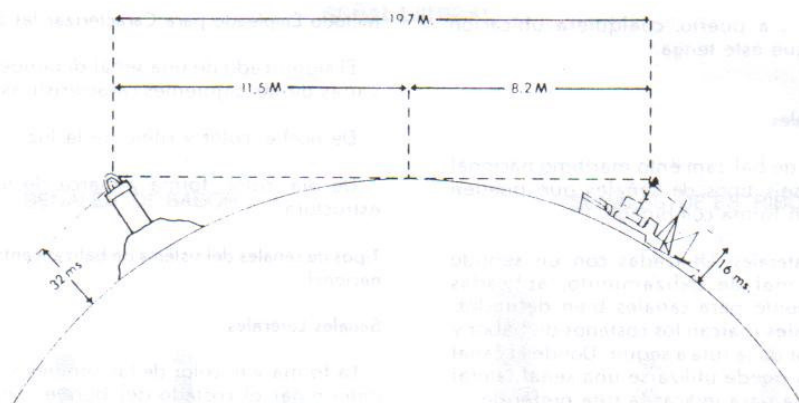


Figura 9.29

### 9.30 SISTEMA DE BALIZAMIENTO EMPLEADO EN CHILE.

En el territorio nacional existen dos sistemas de balizamiento, el Sistema I.A.L.A. (Asociación Internacional de Señalización Marítima) que comenzó a regir en el año 1983 y el Sistema Antiguo, que está siendo transformado al Sistema I.A.L.A. Las características y especificaciones del nuevo sistema aparecen en el punto 9.31.

El cambio al nuevo sistema está siendo incorporado paulatinamente en todo el territorio, en las nuevas instalaciones y en la renovación de las señales existentes, de acuerdo a una planificación de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.

### 9.31 NUEVO SISTEMA DE BALIZAMIENTO MARÍTIMO NACIONAL

#### Antecedentes Generales

#### Generalidades

El sistema de balizamiento marítimo nacional se utiliza en señales marítimas, fluviales y lacustres y proporciona reglas aplicables a todas las señales fijas y flotantes, con excepción de las estructuras petroleras fijas costa afuera. Indica además:

Los límites laterales de canales navegables.

Los peligros naturales y otros obstáculos a la navegación.

Rutas preferidas para la navegación.

Otras áreas de importancia para el navegante.

La recalada a un puerto o canal.

Puntos de apoyo en el cambio de rumbo del buque.

Puntos de referencia para controlar la posición del buque dentro de la ruta de navegación.

Nuevos peligros.

Este sistema de balizamiento, se implementará en forma progresiva en las rutas principales de navegación.

#### Región de Boyado

En Chile se utiliza la región "B" del Sistema Internacional de Señalización Marítima; "verde a babor y rojo a estribor".

#### Sentido Convencional de Balizamiento

El sentido convencional del balizamiento empleado en las costas de Chile es:

a) De sur a norte, en los canales orientados a lo largo de la costa, c en el sentido de los meridianos.

b) De oeste a este en los canales transversales, excepto en el Estrecho de Magallanes que es de este a oeste.

c) Entrando a puerto, cualquiera ubicación geográfica que éste tenga.

#### Tipos de Señales

El sistema de balizamiento marítimo nacional comprende seis tipos de señales que pueden emplearse en forma combinada:

- **Señales Laterales:** Utilizadas con un sentido convencional de balizamiento, aplicadas generalmente para canales bien definidos. Estas señales marcan los costados de babor y de estribor de la ruta a seguir. Donde el canal se bifurca puede utilizarse una señal lateral modificada para indicar la ruta preferida.
- **Señales Cardinales:** Utilizadas para indicar dónde hay aguas navegables.
- **Señales de Peligro Aislado:** Para indicar peligros aislados de tamaño reducido.
- **Señales de Aguas Seguras:** Para indicar que en torno a su posición las aguas son navegables.
- **Señales Especiales:** Cuyo objetivo principal no es ayudar a la navegación, sino indicar un área a la que se hace referencia en las publicaciones náuticas.
- **Señales Costeras:** Cuyo objetivo principal no es indicar un peligro a la navegación, sino marcar un punto de referencia para el control de la posición del buque.

#### Características:

**Color de Luz:** De acuerdo al sentido convencional de balizamiento, rojo a estribor y verde a babor.

**Ritmo de Luz:** Centellante (60 destellos/minuto).  
1 destello en 3, 5, 10, 15 ó 20 segs.  
2 destellos en 6 segundos  
3 destellos en 9 segundos  
4 destellos en 12 segundos

**Forma de la Estructura:** Preferentemente, forma cónica para estribor y cilíndrica para babor. En caso que no sea posible utilizar las formas anteriores, llevará obligadamente marca de tope, excepto cuando la señal esté instalada en tierra.

**Color de la Estructura:** Según el sentido convencional de balizamiento, rojo a estribor y verde a babor.

**Marca de tope:** Cónica, color rojo a estribor, y cilíndrica, color verde a babor.

#### Método Empleado para Caracterizar las Señales

El significado de una señal depende de una o varias de las siguientes características:

De noche: color y ritmo de la luz.

De día: color, forma y marca de tope de la estructura.

#### Tipos de señales del sistema de balizamiento marítimo nacional

##### Señales Laterales

La forma y el color de las señales sirven para determinar el costado del buque, por el cual, deben dejarse cuando se procede en el sentido convencional del balizamiento.

##### Descripción de la Señal Lateral

##### Definición:

Señales utilizadas con un sentido convencional de balizamiento, aplicables para canales bien definidos, en la aproximación a puertos y caletas, así como también para indicar nuevos peligros. Estas señales marcan los costados de babor y estribor de la ruta a seguir.

##### Ubicación:

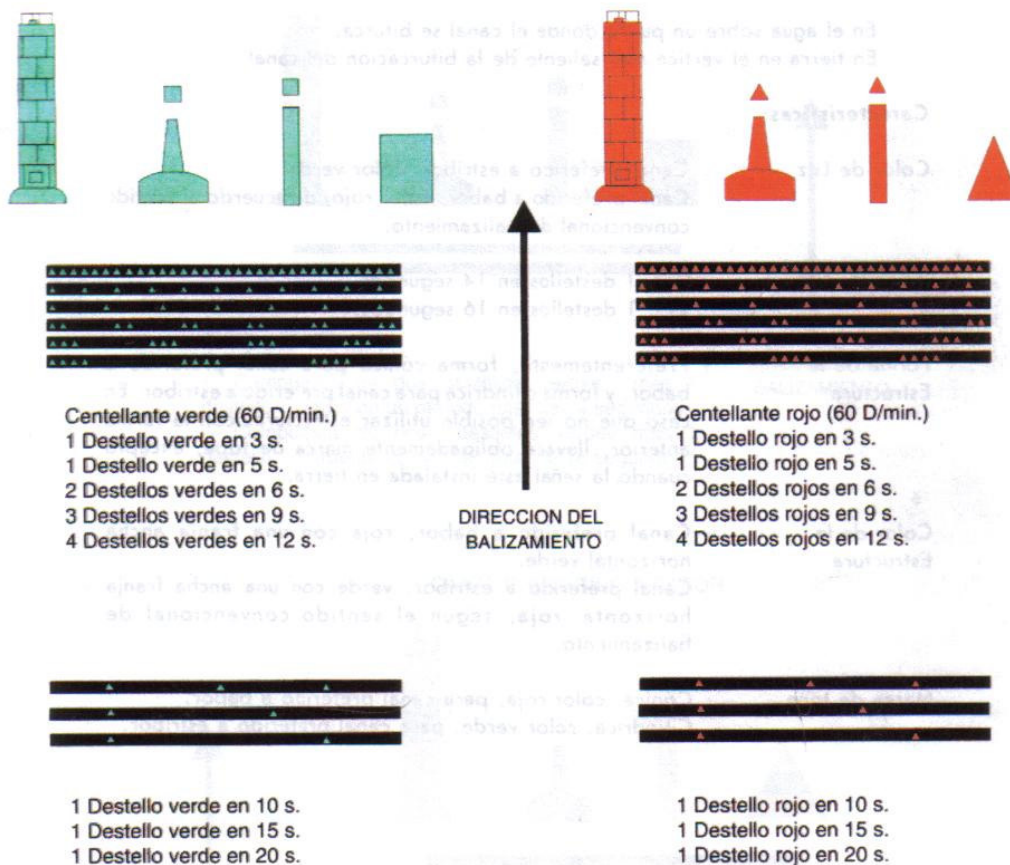
En un lugar seleccionado en base al uso de la señal, en el agua, en tierra o en estructuras artificiales, tales como: muelles, molos, etc.



## SEÑAL LATERAL

## SEÑALES DE BABOR

## SEÑALES DE ESTRIBOR



## Descripción de la Señal Lateral Modificada

### Definición:

Señales utilizadas con un sentido convencional de balizamiento, que permiten mostrar el punto donde se bifurca un canal ya sea artificial o natural, indicando cual es el canal preferido para la navegación.

### Ubicación:

En el agua sobre un punto donde el canal se bifurca.  
En tierra en el vértice más saliente de la bifurcación del canal.

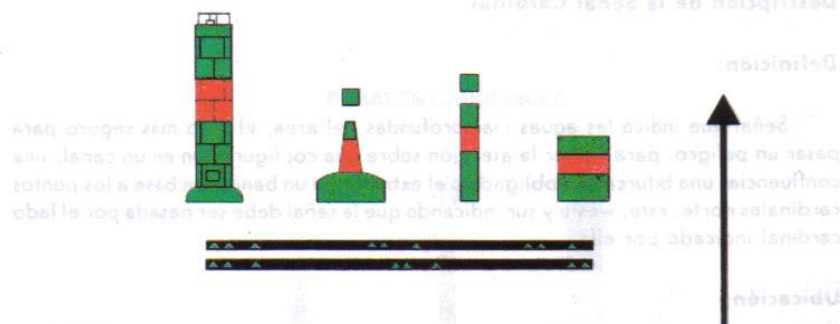
### Características:

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Color de Luz           | : Canal preferido a estribor, color verde.<br>Canal preferido a babor, color rojo, de acuerdo al sentido convencional de balizamiento.                                                                                                                                          |
| Ritmo de Luz           | : 2 + 1 destellos en 14 segundos.<br>2 + 1 destellos en 16 segundos.                                                                                                                                                                                                            |
| Forma de la Estructura | : Preferentemente, forma cónica para canal preferido a babor, y forma cilíndrica para canal preferido a estribor. En caso que no sea posible utilizar estructuras con la forma anterior, llevará obligadamente marca de tope, excepto cuando la señal esté instalada en tierra. |
| Color de la Estructura | : Canal preferido a babor, roja con una franja ancha horizontal verde.<br>Canal preferido a estribor, verde con una ancha franja horizontal roja, según el sentido convencional de balizamiento.                                                                                |
| Marca de tope          | : Cónica, color roja, para canal preferido a babor.<br>Cilíndrica, color verde, para canal preferido a estribor.                                                                                                                                                                |



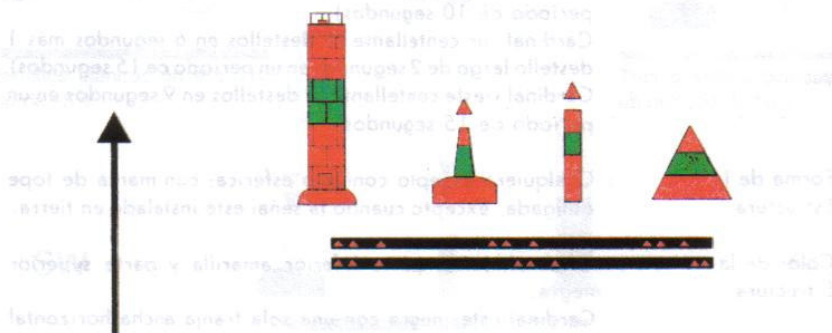
## SEÑAL LATERAL MODIFICADA

## CANAL PREFERIDO A ESTRIBOR



- Compuesta de dos destellos verdes más 1 destello verde en un período total de 14 segundos.
- Compuesta de dos destellos verdes más 1 destello verde en un período total de 16 segundos.

## CANAL PREFERIDO A BABOR



DIRECCIÓN DEL  
BALIZAMIENTO

- Compuesta de dos destellos rojos más 1 destello rojo en un período total de 14 segundos.
- Compuesta de dos destellos rojos más 1 destello rojo en un período total de 16 segundos.

## Señales Cardinales

Una señal cardinal recibe el nombre del cuadrante por el cual se debe navegar respecto al punto señalizado.

Los cuatro cuadrantes (norte, este, sur y oeste) están limitados por demarcaciones verdaderas NW-NE, NE-SE, SE-SW, SW-NW, tomados desde el punto de interés señalizado.

### Descripción de la Señal Cardinal

#### Definición:

Señal que indica las aguas más profundas del área, el lado más seguro para pasar un peligro, para llamar la atención sobre una configuración en un canal, una confluencia, una bifurcación obligada o el extremo de un banco; en base a los puntos cardinales norte, este, oeste y sur indicando que la señal debe ser pasada por el lado cardinal indicado por ella.

#### Ubicación:

En el agua o en tierra en un lugar que permita identificar claramente la información que esta entrega.

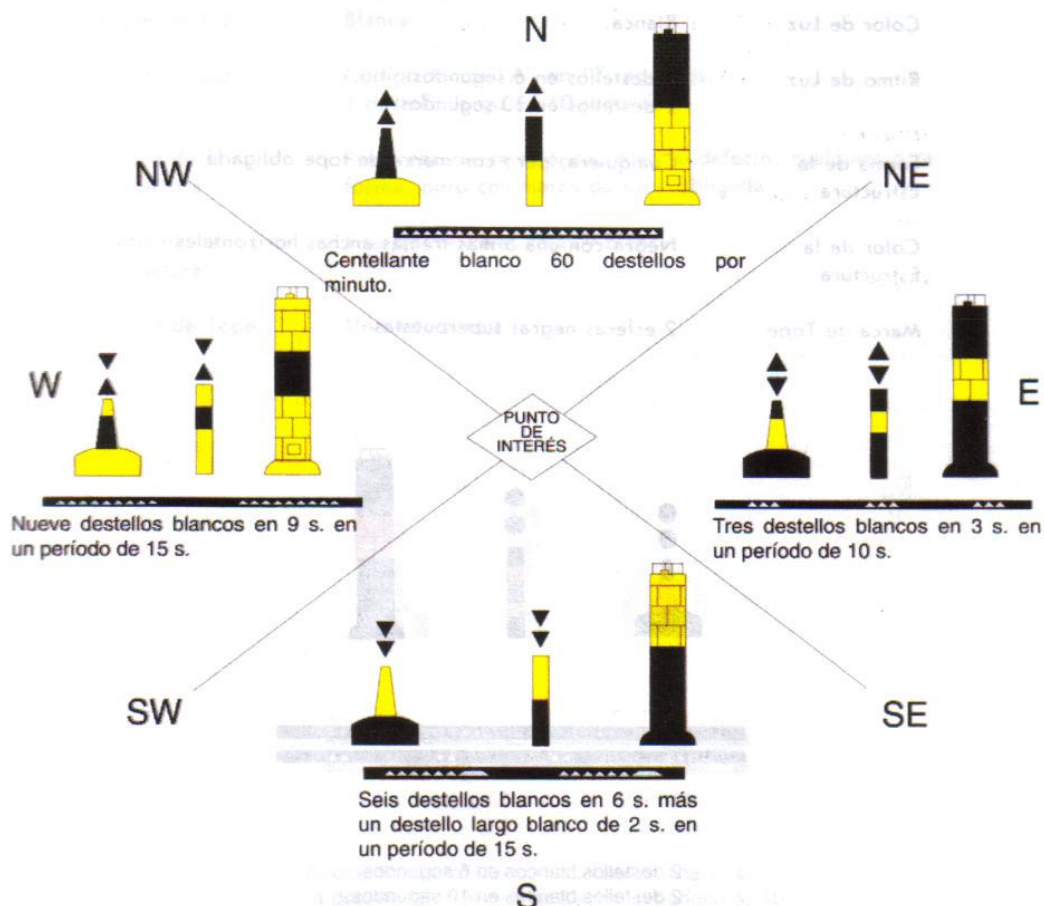
#### Características:

|                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Color de Luz           | : Blanca.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Ritmo de Luz           | : Cardinal norte centellante (60 destellos/minuto)<br>Cardinal este centellante (3 destellos en 3 segundos en un periodo de 10 segundos)<br>Cardinal sur centellante (6 destellos en 6 segundos más 1 destello largo de 2 segundos en un periodo de 15 segundos)<br>Cardinal oeste centellante (9 destellos en 9 segundos en un periodo de 15 segundos) |
| Forma de la Estructura | : Cualquiera excepto cónica o esférica; con marca de tope obligada, excepto cuando la señal esté instalada en tierra.                                                                                                                                                                                                                                   |
| Color de la Estructura | : Cardinal norte: parte inferior amarilla y parte superior negra.<br>Cardinal este: negra con una sola franja ancha horizontal amarilla.<br>Cardinal sur: parte superior amarilla con parte inferior negra.<br>Cardinal oeste: amarilla con una sola franja ancha horizontal negra.                                                                     |



Marco de tope : Cardinal norte: dos conos negros superpuestos, puntas hacia arriba.  
 Cardinal sur: dos conos negros superpuestos, con punta hacia abajo.  
 Cardinal este: dos conos negros superpuestos, opuesto por la base.  
 Cardinal oeste: dos conos negros superpuestos, opuestos por los vértices.

### SEÑALES CARDINALES



## Señales de Peligro Aislado

### Descripción de la Señal de Peligro Aislado

#### Definición:

Una señal de peligro aislado es una marca erigida sobre, o amarrada a, o encima de un peligro de tamaño reducido que tiene aguas navegables en todo su alrededor.

#### Ubicación:

En el peligro.

#### Características:

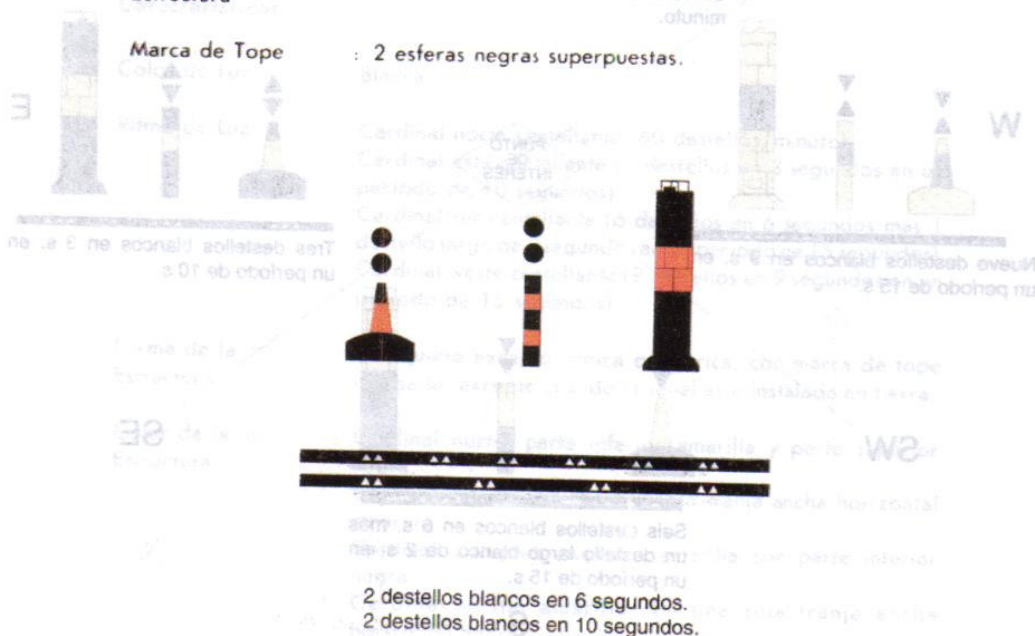
Color de Luz : Blanca.

Ritmo de Luz : 2 destellos en 6 segundos.  
2 destellos en 10 segundos.

Forma de la Estructura : Cualquiera, pero con marca de tope obligada.

Color de la Estructura : Negra con una o más franjas anchas horizontales rojas.

Marca de Tope : 2 esferas negras superpuestas.





## Señales de Aguas Seguras

### Descripción de la Señal de Aguas Seguras

#### Definición:

La señal de aguas seguras es una señal que sirve para indicar la existencia de aguas navegables en todas partes alrededor de la señal. Indica en general el centro de la ruta de navegación.

#### Ubicación:

En el agua.

#### Características:

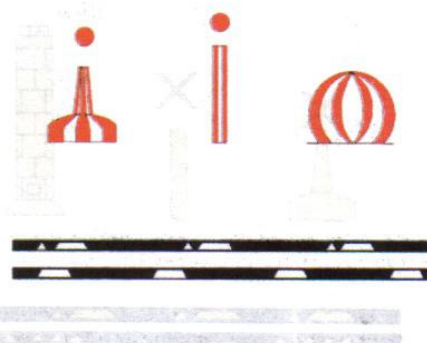
Color de Luz : Blanca.

Ritmo de Luz : Código Morse "A" en 12 segundos.  
1 destello largo en 10 segundos.

Forma de la Estructura : Preferentemente esférica, o en su defecto, cualquier otra forma, pero con marca de tope obligada.

Color de la Estructura : Franjas verticales rojas y blancas.

Marca de Tope : Una esfera roja.



Código Morse "A" blanco en un período de 12 s.

1 destello largo blanco de 2 s. en un período de 10 s.

## Señales Especiales

### Descripción de las Señales Especiales

#### Definición:

Son señales cuyo objeto principal no es ayudar a la navegación, sino indicar zonas especiales mencionadas en las publicaciones náuticas, tales como: sistemas de adquisición de datos oceánicos, separación de tráfico donde el uso del balizamiento convencional podría provocar confusión, depósitos de materiales o vertederos de descarga de dragado, zonas de ejercicios militares, presencia de cables o tuberías, zonas reservadas a recreación, boyas de amarra, etc.

#### Ubicación:

En el agua o en tierra, sobre el lugar que se desee señalar, o en un lugar apropiado de acuerdo con el uso de la señal.

#### Características:

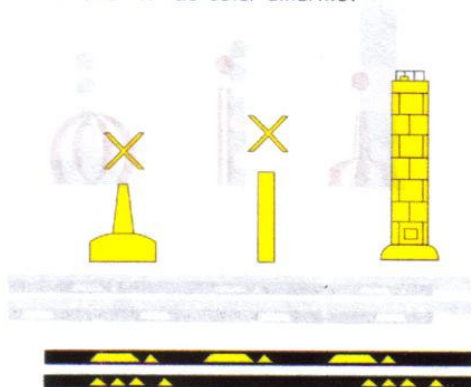
Color de Luz : Amarilla.

Ritmo de Luz : Código Morse "N" en 9 segundos.  
3 + 1 destello en 20 segundos.

Forma de la Estructura : Optativa pero con marca de tope obligada.

Color de la Estructura : Amarilla.

Marca de Tope : Una "X" de color amarillo.



Código Morse "N" amarillo en un período de 9 s.  
Compuesta de tres más un destello amarillo en 20 s.



## Señales Costeras

### Descripción de las Señales Costeras

#### Definición:

Señal utilizada para indicar la recalada a un canal o puerto, proveer un punto de apoyo en el cambio de rumbo o servir de referencia para controlar la posición de un buque durante su derrota.

#### Ubicación:

En tierra, en un lugar apropiado según el uso de la señal.

En el agua, cuando se trate de buques faros o grandes boyas de navegación.

#### Características:

Color de Luz : Blanca.

Ritmo de Luz : 1 destello en 5, 10, 12, 15, 18 ó 20 segundos.  
1 destello largo blanco de 3 s. en 8 segundos.  
3 destellos en 9 segundos.  
4 destellos en 12 segundos.

Forma de la Estructura : Cualquiera, pero, preferentemente cilíndrica, o tronco piramidal, sin marca de tope.

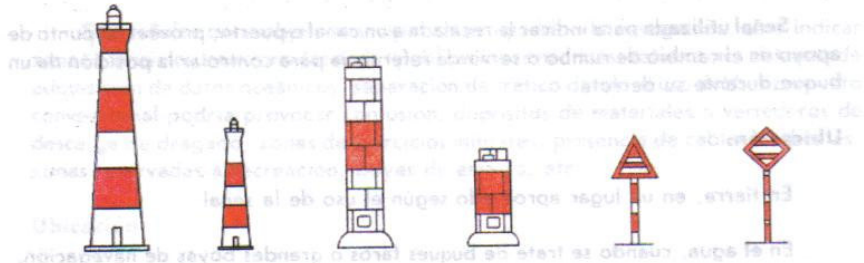
Color de la Estructura : Blanca, con una o más franjas rojas horizontales.

Marca de Tope : No tiene.

## SEÑALES COSTERAS

Descripción de las Señales Costeras

Definición:



Características:

Color de luz:

Ritmo de luz:

Forma de la estructura:

Color de la estructura:

Marca de Tope:

Ritmo de luz:

Forma de la estructura:

Color de la estructura:

Marca de Tope:

Ritmo de luz:

Forma de la estructura:

Color de la estructura:

Marca de Tope:

Ritmo de luz:

Forma de la estructura:

Color de la estructura:

Marca de Tope:

Ritmo de luz:

Forma de la estructura:

Color de la estructura:

Marca de Tope:

Ritmo de luz:

- 1 destello blanco en 10 s.
- 1 destello blanco en 12 s.
- 1 destello blanco en 15 s.
- 1 destello blanco en 18 s.
- 1 destello blanco en 20 s.

- 1 destello blanco en 5 s.
- 3 destellos blancos en 9 s.
- 4 destellos blancos en 12 s.
- 1 destello largo blanco de 3 s. En 8 s.



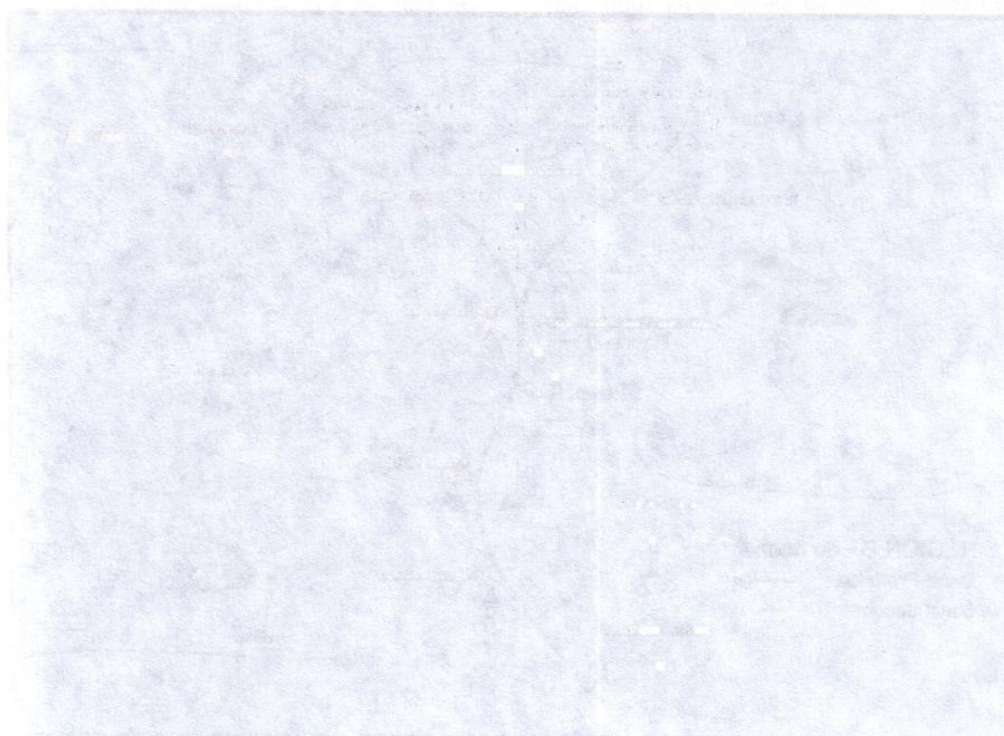
### Balizamiento de Nuevos Peligros

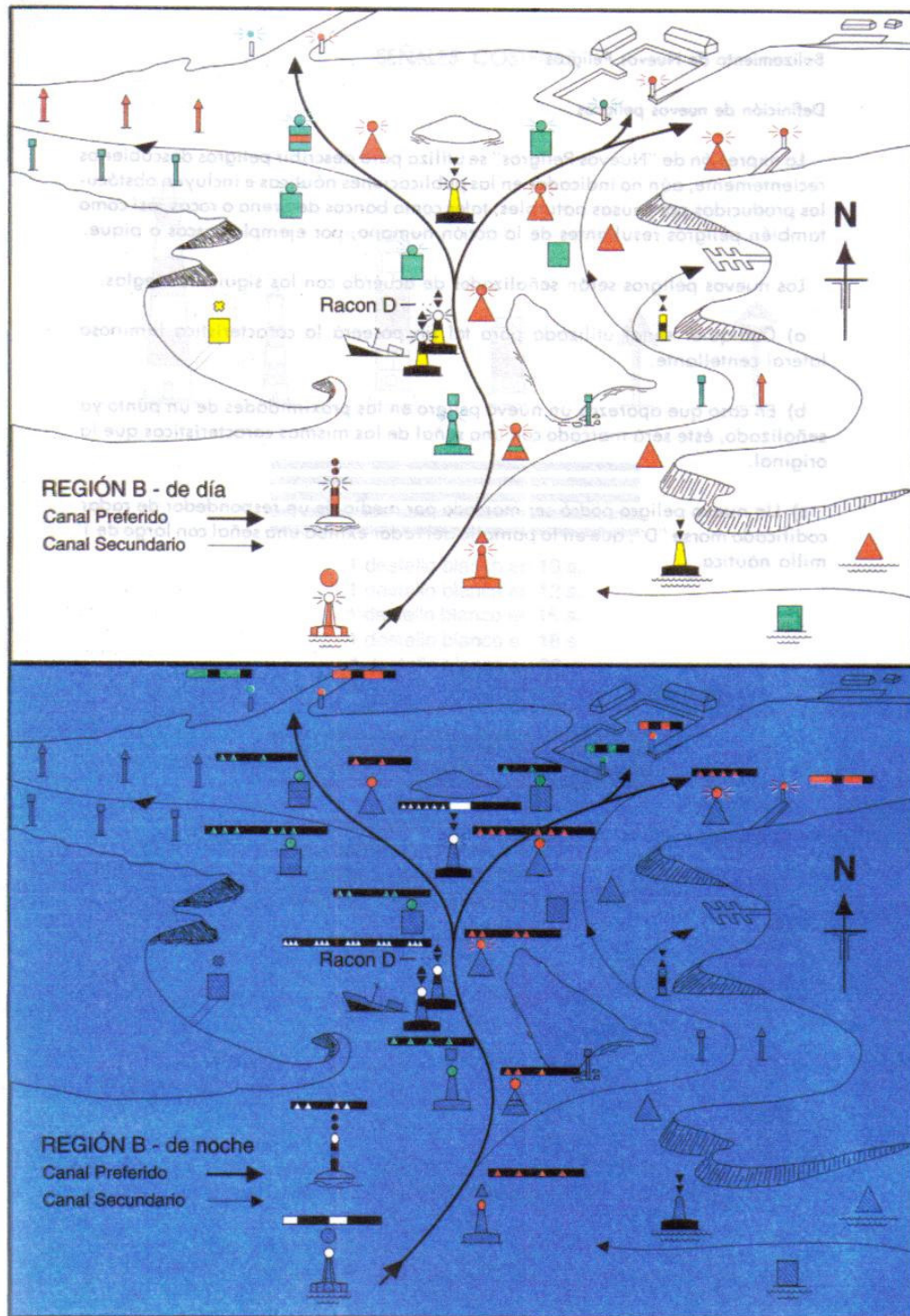
#### Definición de nuevos peligros

La expresión de "Nuevos Peligros" se utiliza para describir peligros descubiertos recientemente, aún no indicados en las publicaciones náuticas e incluyen obstáculos producidos por causas naturales, tales como bancos de arena o rocas, así como también peligros resultantes de la acción humana, por ejemplo cascos a pique.

Los nuevos peligros serán señalizados de acuerdo con las siguientes reglas:

- a) Cualquier señal utilizada para tal fin poseerá la característica luminosa lateral centellante.
- b) En caso que aparezca un nuevo peligro en las proximidades de un punto ya señalizado, éste será marcado con una señal de las mismas características que la original.
- c) Un nuevo peligro podrá ser marcado por medio de un respondedor de radar codificado morse "D", que en la pantalla del radar exhiba una señal con largo de 1 milla náutica.







### 9.32 BUQUES-FAROS

Se emplean para señalar peligros en lugares en que no sería económico o posible la construcción de faros, o bien, en zonas en que las profundidades cambian constantemente, y donde, por lo tanto, las señales deben ser enmendadas de fondeadero; como sucede por ejemplo en la desembocadura de un río.

La altura de sus luces sobre el mar no pasa de 17 a 18 metros y en consecuencia su alcance máximo es como de 12 millas. De día tienen distintivos especiales para su reconocimiento, consistentes en estructuras de color negro o rojo, señales izadas (esferas o cilindros), puestas en el tope del palo y en su casco tienen el nombre escrito en grandes caracteres.

Algunos buques-faros encienden de noche, además del fanal, las luces de fondeo de buques. En el caso que hayan garreado, o haya avería en su luz, hacen señales especiales indicadas en los derroteros. Los situados en zonas de niebla tienen señales acústicas para avisarla; cuando éstas se descomponen tocan campana.

Conviene tener presente que los buques-faros no son señales fijas y no hay que poner fe ciega en ellos.

Debe prestarse especial atención a las señales visuales que pueden hacer.

Actualmente los buques-faros tradicionales están siendo reemplazados por plataformas especiales de gran altura, que prácticamente son completas estaciones de señalización marítima con todos los modernos elementos y adelantos técnicos y científicos.

### 9.33 BOYAS LUMINOSAS

En ciertas zonas muy frecuentadas, el balizamiento se hace para día y noche, colocando boyas luminosas en vez de ciegas; éstas funcionan con gas o eléctricamente con cargas que duran largo tiempo (6 meses a un año). Su situación no debe considerarse fija, puesto que pueden haber garreado por efectos del viento o de corrientes, incluso quedar al garete, por lo que siempre se tomarán como referencia, pero nunca situarse por ellas. Aparte de lo anterior pueden encontrarse apagadas, todo lo cual debe ser considerado por el navegante. Es obligación del navegante, siempre que tenga una boya de abalizamiento a la vista, verificar su posición y comunicar de inmediato a la Dirección General del

Territorio Marítimo y de M.M., con copia informativa al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada cuando encuentre una boya fuera de su sitio.

### 9.34 SEÑALES DE NIEBLA.

Como ayuda a la navegación, la función de las señales de niebla es proporcionar al navegante un medio práctico de encontrar su posición en relación a un peligro o puntos determinados de la costa, cuando éstos quedan cubiertos por un manto de neblina, o chubascos de agua o nieve. Sin embargo, el navegante no debe confiarse enteramente en ellas, ya que al depender de la propagación de las ondas sonoras a través del aire, las hace inseguras y poco exactas.

En las señales acústicas el sonido es originado por las vibraciones producidas por el paso de una corriente de aire comprimido en forma intermitente, a través de hendiduras o agujeros que un mecanismo apropiado abre y cierra a intervalos muy cortos.

Generalmente se emplean como emisores: sirenas, pitos de lengüeta y membranas eléctricas, cuyo detalle y funcionamiento debe ser consultado en el folleto de instrucciones que traen los diferentes equipos.

Dentro de los muchos tipos de señales acústicas, podemos mencionar los de campana y silbato, que generalmente se instalan en las boyas.

**ADVERTENCIAS:** Debido al viento, al mar y a los ruidos de a bordo, es a menudo difícil oír las señales sonoras, especialmente cuando son débiles.

Parece ser que las ondas sonoras, aun en las mejores condiciones atmosféricas, siguen una trayectoria sinuosa, subiendo y bajando con respecto al nivel medio del mar, por ello existen las llamadas zonas de silencio, y así ocurre que una señal oída a cierta distancia, suele no ser oída a una distancia menor.

Además, si en la atmósfera existen zonas de temperatura y humedad diversas, el sonido al atravesarlas sufrirá, también, numerosas desviaciones; por ello no siempre el "emisor" se halla en la dirección de donde parece venir el sonido.

El viento puede desviar el sonido hacia arriba o abajo, lo que dependerá de las circunstancias, en consecuencia, deben apostarse vigías por alto, en el puente y en cubierta. En resumen, en las seña-



les acústicas aéreas no hay que tener completa fe y el navegante no debe suponer:

a) Que se halle fuera de la distancia de audición de la señal, por el solo hecho de que no la oiga.

b) Que se halle muy alejado, porque oiga la señal débilmente, o que se halle cercano porque la oye con claridad.

c) Que se encuentre en lugar determinado de su derrota por oír la señal del mismo modo que la oyó en otra ocasión anterior.

d) Que se halle en dicho punto, porque oiga la señal de distinto modo que en la vez anterior o no la oiga.

e) Que la señal ha cesado en su emisión, porque no la oye y se halle a distancia próxima.

#### RECUERDE ADEMÁS QUE:

1º) Las señales de campana, generalmente, no se oyen más que a corta distancia, y ello en condiciones favorables ( $\frac{1}{2}$  o  $\frac{1}{4}$  milla).

2º) Las boyas de campana o de silbato accionadas por olas no funcionan si la mar está en calma.

3º) Los aparatos acústicos de funcionamiento mecánico no pueden ser puestos en función inmediatamente y requieren un cierto tiempo, si la niebla se propaga desde el mar a tierra, el personal de la estación se dará cuenta de su presencia cuando ya los barcos estén envueltos en ella.

4º) Al aproximarse a una señal de niebla con viento a popa se oirá aquella mejor desde lo alto de un palo, e inversamente si el viento proviene de dicha señal.

5º) En los estrechos frecuentados por buques, no hay que confundir sus bocinas con las señales de niebla; para ello se comprobarán las características de dichas señales con los dados en las Listas de Faros.

6º) Cuando las sirenas emiten sucesivamente notas altas y bajas, una de las dos puede no ser oída.

7º) Por efecto de aberraciones acústicas, o por el eco producido por la tierra, las señales pueden

ser oídas de modo que su período aparezca diverso de como es realmente.

8º) Para mejor distinguir las señales conven-dría, a veces parar la máquina.

ECO: En los canales cerca de costas escarpadas y montañosas, puede ser útil en neblina tocar el pito o sirena para estimar la distancia con el tiempo de trayecto; ya que el sonido se propaga a razón de 344 m/s, término medio.

Ejemplo: El eco se oyó 10 segundos después del sonido. ¿Distancia?

$$\frac{344 \times 10}{2 \times 1852} = 0,93 = 9,3 \text{ cables.}$$

Una regla práctica dice: "el tiempo de trayecto entre sonido y el eco disminuido en  $\frac{1}{10}$  es la distancia aproximada en cables".

En el ejemplo anterior habría dado 9 cables.

En las señales acústicas submarinas, el sonido se propaga en el agua a velocidad muy superior que en el aire (1450 metros), sin ser desviado como le puede ocurrir en la atmósfera; pero más allá de 20 a 30 millas también se presentan los inconvenientes que se tienen en el aire. Las aguas fangosas de los ríos no son adecuadas para la propagación del sonido.

Es, pues, posible apreciar con suficiente exactitud la dirección de que provienen el de una estación transmisora submarina cuando se dispone a bordo de aparatos receptores adecuados.

Los bancos, escollos, rompientes, etc., pueden perturbar o desviar los sonidos y lo mismo parece que pueden hacer las corrientes de marea.

Para obtener buenos resultados es conveniente reducir la velocidad y evitar ruidos en el compartimiento en que se hallan los micrófonos.

En el caso de no oír, se ha de pensar que el aparato emisor está fuera de servicio.

#### 9.35 RADIO FAROS.

Son estaciones de radio destinadas exclusivamente a la navegación, para lo cual emiten se-



ñales características en una forma similar a la de los faros.

Como se conoce la ubicación de sus antenas en las cartas, los buques pueden demarcarlos con los equipos radiogoniométricos con que cuentan y de este modo hacer uso de esta valiosa ayuda aplicando los métodos de la navegación costera.

La gran ventaja sobre los faros reside en su mayor alcance y sobretodo en que pueden ser utilizados a toda hora, con o sin visibilidad, aun cuando exista neblina cerrada.

El navegante debe consultar siempre la publicación "Radioayudas a la Navegación" cada vez que necesite conocer las características de los radiofaros y cualquier otra información sobre ayudas a la navegación que se transmiten por radio. Asimismo en esta publicación se encontrará una explicación detallada del empleo del radiogoniómetro y de los ajustes y correcciones que requieren para la obtención de una marcación emitida por una estación de radio.

En lo que respecta a los radiofaros aéreos, debe tenerse presente que aquellos instalados en las proximidades del mar pueden ser usados por los navegantes en la misma forma que los radiofaros marítimos. Sin embargo, al utilizar los radiofaros aéreos, especialmente los interiores, deben tomarse las precauciones necesarias por las siguientes razones:

- a) A veces su situación geográfica es sólo aproximada.
- b) La propagación de las ondas, al pasar de tierra al mar puede quedar perturbada o desviada, lo que podría producir errores apreciables en las demarcaciones tomadas por el buque.
- c) Su horario de funcionamiento y sus características pueden ser modificadas por necesidades de la navegación aérea, sin que sea posible informar de ello oportunamente a los navegantes.

### 9.36 RECOMENDACIONES Y NORMAS GENERALES DE NAVEGACION EN LAS CERCANIAS DE LA COSTA

Como se ha explicado en este Capítulo, la navegación costera requiere que la posición del buque sea continuamente determinada a medida que se va pasando a la vista de los objetos prominentes de la costa. También se han indicado detalladamente los procedimientos, méto-

dos y cuidados que permiten conducir una nave con la debida seguridad al navegar a lo largo de ella.

Desde luego se advierte que es más conveniente navegar cerca de una costa bien sondada y representada en las cartas por medio de completos levantamientos, manteniendo a la vista los puntos y objetos notables en tierra que faciliten en todo momento saber la posición del buque, que mantenerse alejado de ella y perder de vista los objetos para demarcarlos, lo que puede acarrear una recalada desde una posición dudosa, y tal vez con la desventaja de la posibilidad que sobrevenga niebla o mal tiempo.

Como complemento a lo expuesto en este Capítulo, se mencionan a continuación las instrucciones generales de pilotaje que deben tenerse presente al navegar cerca de costa, canales, pasos, entrada y salida de puertos; recomendaciones destinadas particularmente a la costa de Chile, pero que tienen aplicación en cualquier otra parte.

#### 1) PREPARAR LAS CARTAS PARA LA NAVEGACION

Cuando un buque tenga que navegar en las vecindades de la costa, conjuntamente con preparar las cartas de la región, los planos particulares de puertos, entradas, canales o parajes determinados, se procederá a estudiarlas con derrotero en mano, a fin de darse cuenta exacta de todas las informaciones que conciernan y tomarlas en consideración para la derrota que deba hacerse. Se estudiarán los faros y luces, trazando con lápiz su sector de visibilidad y alcance, las señales de neblina, boyas y balizas, puntos salientes más característicos, señales notables de tierra, peligros y límites insidiosos, rocas sumergidas, sondas en general, flechas de corrientes (corrientes de marea y generales), y cuanta anotación traigan las cartas.

Todas las publicaciones que se usen, deben encontrarse perfectamente al día y de acuerdo con las correcciones dadas por el boletín de "Noticias a los Navegantes". Debe, además, cerciorarse de los radioavisos NAVTEX y NAVAREA XV, dados diariamente por radioestaciones en los horarios señalados en la publicación "Radioayudas a la Navegación".

Si se trata de un plano particular de puerto, canal o determinado paraje que deba cruzarse, se examinará detenidamente su entrada y sitios



de menor fondo imponiéndose de la unidad en que están expresadas las sondas, cantidad, calidad y distribución de ellas con respecto a la escala del plano; se estudiarán las corrientes existentes y acción de las mareas, viento y marejadas predominantes según la estación del año; enfilaciones más convenientes, puntos notables de referencias, boyas y balizas, marcas y faros que puedan utilizarse para la situación, circunstancias más apropiadas para tomar el puerto o canal, y finalmente cuanto detalle sea de utilidad para la seguridad y buena conducción del buque, no olvidando de emplear siempre la carta de mayor escala.

Si durante el estudio de una carta en conformidad con las instrucciones náuticas suministradas por el derrotero correspondiente, hubiese algún desacuerdo entre ambos, se considerará a la carta como de mayor valor.

Por último estudiar las vistas panorámicas y de recalada que interesen a la navegación que se efectúe.

## 2) ELECCION DE LA DERROTA EN LA CARTA.

Estudiadas las cartas y publicaciones en la forma indicada, el punto principal será la elección y trazado de la derrota con el resguardo correspondiente para conducir la nave a distancia prudente de las puntas más salientes y de los peligros más próximos.

Los factores primordiales para la decisión de la derrota son:

- a) El track aconsejado por el Derrotero y por los Pilot Charts.
- b) La naturaleza de los peligros de la costa.
- c) La naturaleza de la costa: alta, escarpada, irregular, baja, etc.
- d) La profundidad del agua en sus vecindades y el calado del buque.
- e) Si los peligros están señalados por faros u otras ayudas a la navegación.
- f) Si la posición de la nave puede ser fijada por puntos de la costa.
- g) El estado del tiempo.
- h) Si es día o de noche.

i) Si las corrientes de marea, generales o de vientos son de gran intensidad.

j) Si hay neblina o cerrazón.

k) Los elementos auxiliares o electrónicos con que cuenta la nave: eco-sonda, girocompás, radiogoniómetro, radar, etc.

l) Comportamiento del buque ante diferentes clases de mar, en particular su efecto de abatimiento.

m) Velocidad disponible.

En navegaciones cortas, a lo largo de costas bien levantadas, de día y con tiempo claro, se acepta para el trazado de la derrota, un resguardo de cinco millas de la costa o peligros más salientes y sin alcanzar a profundidades menores de 20 metros. La distancia debe aumentarse cuando se navegue a lo largo de costas imperfectamente levantadas o cuando el sondeo sea incompleto.

En navegaciones de mayor entidad y en una costa más o menos recta, donde tenga que intervenir la navegación de noche, debe tenerse como norma no economizar distancias a fin de que el resguardo a la costa no sea inferior a siete millas.

Con tiempo cerrado o en neblina, la distancia a la costa debe aumentarse.

Se debe siempre identificar la costa y recordarse que puede ser arrastrado a ella por una corriente perpendicular al rumbo; es frecuente, que al situar el buque, éste se encuentre más cerca de la costa de lo que debiera estar por estima.

Otro punto que debe tomarse en consideración cuando se navega por lugares de mucho tráfico, es la posibilidad de que el buque se vea constantemente obligado a alterar su rumbo, lo que hace, por lo general, a la misma banda y que es el caso frecuente, produciendo un efecto acumulativo de errores en la estima, resultando el buque desplazado de su rumbo, lo cual debe ser tomado muy en cuenta al situar la posición estimada del buque.

## 3) TRAZADO DE LA DERROTA.

Cualquiera que sea la navegación por hacer, ya sea a vista de costa o en alta mar, es indispensable, antes de hacer el trazado de la derrota,



efectuar un estudio general y detallado en las cartas, de sus diversas etapas, con ayuda de todas las publicaciones, poniendo especial cuidado en el estudio de la costa y de los peligros existentes en la zona que se va a navegar, es decir, hacer un examen detallado de las cartas, leyendo simultáneamente el derrotero. Este estudio que es muy importante y que no debe ser jamás omitido, servirá para hacer notar las posibles imperfecciones de las cartas, sobre todo si su edición no es reciente. Puede ser que haya buques hundidos, peligros recientemente descubiertos, muelles en construcción, etc., que están indicados en el derrotero, pero no en las cartas. Este estudio pondrá además, en evidencia peligros que podrían pasar inadvertidos con el simple examen de la carta, y dará noticias de los puertos intermedios, en los que el buque podría entrar en caso de arribada forzosa.

Asimismo, se evitarán las zonas de las cartas en que no hay sondas, especialmente en parajes próximos a bajos fondos.

Efectuado el estudio anterior, se trazará en la carta la derrota a seguir, para poder tener así, en todo momento, una exposición gráfica de la ruta que se va a navegar, prolongándola hasta el punto elegido como término del viaje.

Además se medirá la distancia total que se ha de recorrer y teniendo en cuenta las probables condiciones de tiempo, mar, corrientes y permanencia en puertos, se calculará la duración de la navegación para poder dotar al buque de los víveres, combustible, aguada, medicamentos, etc.

Trazada la derrota en la carta, se procederá a hacer lo mismo con las demarcaciones, enfilaciones y ángulos que hayan de utilizarse en los cambios de rumbo, distancias por navegar, arrumbamientos bajo los cuales debe verse u ocultarse la luz de los faros y boyas luminosas que se avisten durante la navegación, alcance de éstos y también el de audición de las señales sonoras, de radiotelegrafía y radiofaros; demarcaciones y ángulos peligrosos, direcciones en que han de divisarse las boyas, balizas y puntos característicos de la entrada a puertos y canales, demarcaciones y ángulos convenientes bajo los cuales debe largarse el ancla en el fondeadero, etc. Se delinearán y se señalarán los veriles de 10 y 20 metros y se tomarán en cuenta según el tonelaje y calado del buque.

De la carta se deducirán los rumbos y respectivas distancias por navegar, valor numérico de

las demarcaciones y enfilaciones con sus correspondientes equivalencias referidas al girocompás y compás magistral, y en general, cuanta dirección o ángulo deba utilizarse, todo lo cual el Oficial de Navegación, lo escribirá ordenadamente en su libreta de bolsillo sin perjuicio de hacer con lápiz en la carta aquellas anotaciones que tiendan a facilitar su labor.

En lo posible, el trazado de la derrota debe ser paralelo a la línea de los peligros, evitándose rumbos que converjan a tierra. Como regla general y cuando la costa es baja, se tendrá presente lo siguiente:

a) Buques que calen sobre 20 pies, deben navegar por fuera del veril de 20 metros.

b) Cuando existan peligros de Posición Dudosa (P.D.) o Existencia Dudosa (E.D.), en las cercanías de la costa, no se debe pasar a menos de una milla de ellos y siempre que existan puntos que aseguren una buena y frecuente situación.

Con corrientes de marea o con poca visibilidad se aumentará la distancia.

c) Cuando existan peligros de Existencia Dudosa (E.D.) o Posición Dudosa (P.D.) lejos de la costa, no debe pasarse a menos de cinco millas.

#### 4) NAVEGAR SEGUN LA DERROTA TRAZADA EN LA CARTA

La posición del buque se mantendrá dentro de la derrota trazada en la carta cuando no hay errores de situación, de dirección o de distancia.

Estos errores se pueden reducir al mínimo siempre que se empleen métodos cuidadosos y cuando se tienen buenos conocimientos de la acción de las corrientes, de los vientos y de la bondad de los instrumentos.

Desde el momento que el buque navega en las proximidades de la costa, se mantendrán listos para usarse todos los elementos e instrumentos de navegación (radar, radiogoniómetro, ecosonda, girocompás, sextante, alidadas, etc.). Las correderas deben tenerse en todo momento exactamente calculados sus errores y coeficientes.

En toda circunstancia debe procurarse una situación que, además de ser exacta, ofrezca la ventaja de rapidez, principalmente en parajes corrientosos y rodeados de peligros, pues lo que



interesa al navegante es conocer su posición tan frecuentemente como sea posible.

Lo más común para obtener situación es el empleo de tres demarcaciones casi simultáneas, que anula en parte los errores de los otros métodos.

Dos demarcaciones a uno o dos puntos con intervalo navegado, dan una situación aproximada y sólo deberá usarse por necesidad o en navegaciones nocturnas; pues en el intervalo entre las demarcaciones tienen una marcada influencia los errores producidos por la acción de la corriente, viento, marejada, rumbo, distancia recorrida, etc. Con un solo punto a la vista, el uso de dos demarcaciones y el intervalo navegado tiene su mayor aproximación cuando se reúnen las siguientes condiciones:

- a) Las demarcaciones se cortan en un ángulo de  $90^\circ$ .
- b) Corto intervalo y rumbo constante entre las observaciones, o en su defecto, el promedio exacto de él. Muy buen gobierno.
- c) Corrección de la corriente local cuando fuere de valor apreciable y de dirección e intensidad conocidas.
- d) Conocimiento exacto del desvío y cuidadosa observación de las demarcaciones.

La situación obtenida por medio de ángulos horizontales tomadas con sextante y dibujadas con el transportador de sondas, tiene la ventaja de ser independiente del error del compás y de la corredera, pero es poco práctico y por eso, casi nunca se emplea en navegación; requiere tres puntos bien definidos en la carta.

El método del ángulo vertical tomado con sextante a un objeto de altura conocida, en lo posible debe evitarse, porque generalmente la situación resulta afectada de los errores de "Depresión" y "Refracción".

Si las circunstancias obligan su empleo, deberá usarse con cautela y precaución.

El empleo de enfilaciones es de gran valor y su uso está especialmente recomendado para navegar en estrechos y canales que es donde se presentan con más frecuencia.

Los puntos elegidos en la carta para fijar el buque, serán los más cercanos, aún cuando los

que están lejos se presenten mejor definidos; un pequeño error en la demarcación tomada, tiene más influencia mientras mayor sea la distancia a que se encuentran los puntos empleados como referencia.

Se usarán las señales artificiales con preferencia a cualquier otra.

Es conveniente mantenerse siempre sobre la derrota estudiada y trazada en la carta. Si se comprueba que el buque se ha apartado de ella se deberá enmendar para volver a tomar la derrota y no ir haciendo alteraciones de la derrota completa hasta el punto de recalada. De esta manera los métodos de la navegación costera deben servir solamente para comprobar la navegación y asegurarse que la nave sigue la derrota trazada en la carta.

El radar no reemplaza a los actuales métodos de navegación; él proporciona una valiosa ayuda al navegante, especialmente de noche o con tiempo cerrado y debe considerarse como un integrante al equipo y métodos de navegación existentes.

## 5) UN BUQUE NO SIGUE LA DERROTA TRAZADA EN LA CARTA.

Toda derrota trazada en la carta difiere de la que efectivamente sigue el buque, porque existen errores en "situación", "dirección" y "distancia".

Los errores en la "situación" se deben.

1° Por el uso de demarcaciones en la situación, tomadas con un compás cuyo desvío no se conoce con exactitud.

2° Falta de precisión en las lecturas de las demarcaciones cuando el buque balancea.

Condiciones de tiempo que, a veces, hacen difícil demarcar bien los faros (mal tiempo o mala visibilidad).

3° Elección de los objetos demarcados y el empleo de una o dos demarcaciones en vez de tres o cuatro.

4° Uso del estilo de la alidada azimutal en vez de ésta.

5° Falta de ajuste o sincronización en los equipos electrónicos como el radar, radiogoniómetro, etc.



6° Mala interpretación en la pantalla del radar en sus informaciones.

Los errores de "dirección" se deben:

1° Inestabilidad del desvío para las proas a que se navega, producida por diferentes causas que continuamente modifican su valor. Afecta más a los buques que no usan girocompás.

2° Mal gobierno, o sea el factor personal del timonel. Ocurre comúnmente por el hecho de que hay timoneles con tendencia a gobernar fuera del rumbo siempre a una misma banda. Es uno de los principales motivos de errores.

Desaparece en los buques que usan "piloto automático" en su gobierno, siempre que no tenga fallas de funcionamiento.

3° Acción irregular de las corrientes generales y locales, variables con el andar del buque, tamaño y calado de él, y ángulo que forman con la derrota.

4° Acción variable del viento y marejada, cuyo efecto es similar al de la corriente.

5° Inestabilidad del gobierno por no permitirle el estado del mar.

Los errores de "distancia", provienen principalmente de la acción de la corriente, viento y velocidad de marcha horaria del buque, cuyo valor exacto no se puede apreciar, cualquiera que sea el procedimiento empleado en determinar la distancia navegada y por muy estudiados que se tengan los instrumentos destinados a este objeto.

Sin embargo, es posible disminuirlos si el navegante tiene la preocupación de llevar un minucioso control del error y coeficiente de las correderas, su determinación en la milla medida, como asimismo el conocimiento y cálculo del resbalamiento de la nave.

Según las causas enumeradas, la posición efectiva real de un buque que navega, en cualquier momento, es siempre diferente de la estimada. De este modo, cuando al final de una navegación, la situación obtenida por referencias de puntos de la costa coincide con la que teóricamente se sigue en la carta, no significa que no haya existido error de alguna naturaleza,

sino que todos ellos se han contrarrestado entre sí anulándose, lo cual, en ningún caso dará a conocer la bondad de ésta o determinada navegación. Una navegación exacta se tendrá cuando los errores de todos los factores que intervienen en ella y su aplicación práctica en una serie numerosa de viajes, den en toda circunstancia, situaciones de estima próximas a la real, y esto, naturalmente, sólo se consigue por el control y estudio constante de los instrumentos, observación continua de la acción del viento, marejada, mareas, etc., y la aplicación de todos aquellos preceptos que tienen como único objeto la exactitud, que en este caso significa seguridad.

## 6) DISTANCIA DE LOS PELIGROS.

Para poder fijar la distancia a que un buque debe pasar los peligros y costa en general, más que todo se requiere alguna experiencia en la localidad, para que de este modo y en la posibilidad de que las marcas terrestres dejen de ser visibles por la aparición de neblina, el buque puede navegar con la certeza de no estar aproximándose demasiado a peligros. Tener presente lo indicado en el párrafo 3 sobre "trazado de la derrota".

## 7) NAVEGACION EN BAJO FONDOS.

Cuando hay necesidad de que la derrota pase sobre fondos comparativamente bajos, tales como los estuarios de los ríos, la proximidad de los puertos, navegación de canales, es esencial el cálculo de la hora y altura de la bajamar y tener muy en cuenta el calado del buque.

Debe siempre tomarse un amplio margen de profundidad cuando la navegación va a efectuarse durante una baja marea o cuando las olas tengan mucho seno.

El Eco-sonda debe usarse sin restricción y vigilarlo atentamente.

Debe tenerse siempre presente que cuando un buque navega en aguas someras o poco profundas, se produce un fenómeno de alteración en sus calados y en su velocidad, como consecuencia de las leyes de la Hidráulica del Mar.

De este modo, si la derrota a seguir obliga a pasar por aguas de poca profundidad, como sería el caso del Paso Summer en el canal Mayne, se deben tomar las precauciones para evitar un accidente, ya que un aumento en los calados de

la nave según su tonELAJE y velocidad, puede llegar a ser de tal valor, que el buque toque fondo y se vare con las consecuencias que son fáciles de imaginar.

La experiencia indica que una velocidad conveniente y segura para grandes naves alcanza

en general a los 7 nudos como máximo. En todo caso el aumento de los calados es directamente proporcional a la manga del buque, y puede servir como guía la siguiente tabla que indica la cantidad real de agua bajo la quilla de un buque de 20 pies de calado, navegando a diferentes velocidades.

| Profundidad del agua en pies | 21                                       | 23  | 24  | 25  | 26  | 30  |
|------------------------------|------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|
| Velocidad del buque en nudos | Cantidad de agua bajo la quilla en pies. |     |     |     |     |     |
| 3                            | 0,9                                      | 2,8 | 3,9 | 4,9 | 5,9 | 9,8 |
| 4                            | 0,8                                      | 2,7 | 3,8 | 4,8 | 5,9 | 9,8 |
| 5                            | 0,6                                      | 2,6 | 3,7 | 4,7 | 5,8 | 9,8 |
| 6                            | 0,5                                      | 2,5 | 3,6 | 4,6 | 5,6 | 9,6 |
| 8                            | 0                                        | 2,0 | 3,1 | 4,2 | 5,3 | 9,4 |
| 10                           |                                          | 1,3 | 2,5 | 3,6 | 4,8 | 9,0 |
| 11                           |                                          | 1,0 | 2,2 | 3,3 | 4,4 | 8,7 |
| 11,4                         |                                          | 0,8 | 2,0 | 3,2 | 4,3 | 8,6 |
| 11,7                         |                                          | 0   | 1,9 | 3,1 | 4,2 | 8,4 |
| 11,9                         |                                          |     | 0   | 3,0 | 4,1 | 8,3 |
| 12,1                         |                                          |     |     | 0   | 4,0 | 8,2 |
| 12,7                         |                                          |     |     |     | 0   | 8,0 |

Calado del buque = 20 pies.

Resumiendo, podemos decir que un buque que navega en aguas de poca profundidad, experimentará las siguientes alteraciones:

- Aumenta su calado.
- Disminuye su velocidad efectiva.
- Se encauza.

Estos fenómenos se acentúan a medida que la profundidad del agua en que se navega, es menor.

#### 8) CALADO DEL BUQUE

Hay que tener presente que antes de zarpar debe ser cuidadosamente verificado el calado del buque. Como se explicó en el párrafo anterior, se hace notar que el calado es mayor cuando un buque navega a gran velocidad y se cita el caso de haber tocado fondo por aumento de calado al aumentar la velocidad. El calado aumenta considerablemente cuando el buque balancea. Este aumento depende del tipo

de buque, siendo mayor en buques cuya cuaderna maestra bajo la línea de flotación es aproximadamente rectangular y es más aumentado cuando tiene quillas laterales en el ángulo exterior del rectángulo. En ciertas clases de buques el aumento es de 7 pulgadas por grado de escora, de tal modo que para 10 grados el aumento puede llegar a cerca de seis pies.

#### 9) NAVEGACION EN ESTRECHOS Y CANALES

La navegación en estrechos y canales es una de las partes más delicadas e interesantes del arte de navegar, donde la práctica y experiencia, espíritu de observación, rapidez y exactitud, ojo marino y conocimiento de la geografía náutica del navegante son exigidos al máximo.

Navegando en alto mar, un pequeño error en las observaciones, cálculos o situación de la nave, no tiene — en general — gran trascendencia. Por el contrario, navegando en canales, pasos angostos, aguas someras, restringidas o parajes corrientosos, es necesaria la



mayor precisión y continuidad en la determinación de la situación del buque, puesto que un error, aun leve, puede traer graves consecuencias.

Si el estrecho o canal es amplio y libre de peligros, será el caso de aplicar los métodos ya explicados y de uso corriente en la navegación costera. Es recomendable emplear puntos de una misma costa al situar la nave y sacar el máximo de provecho a las enfilaciones.

En canales angostos y con corriente apreciable, se recurre a la práctica de gobernar sobre algún punto notable que se encuentre por la proa, o bien al uso de enfilaciones de cumbres, puntas, barrancos u otras formas características de la costa, procedimiento que puede considerarse como el más seguro para la conducción de la nave, principalmente, porque permiten apreciar el efecto de la corriente y el instante oportuno para contrarrestarlo. Como las enfilaciones están exentas de toda clase de errores, su uso es seguro y cómodo en cualquier momento para deducir rápidamente la posición del buque. Una enfilación y un ángulo horizontal simultáneamente entre dicha enfilación y otro punto cualquiera de la costa, equivale con ventaja a tres demarcaciones.

La derrota o track recomendado trazado en ciertas cartas náuticas de punto mayor, debe interpretarse conforme a la definición adoptada por la O.H.I. que dice: "Derrota recomendada es una línea indicada en la carta náutica, la cual ha sido especialmente examinada para asegurar que está libre de peligros y a lo largo de la cual se aconseja a los buques navegar. También se le denomina track recomendado".

Similarmente las enfilaciones que se han instalado en la costa, para facilitar el cruce en canales o pasos angostos y de difícil navegación, determinan en su prolongación una línea sobre la carta náutica, que asegura un track libre de peligros para navegar dicha área.

Los canales poco sondados y con profundidades irregulares no deberán cruzarse por los sitios sin sondas, la navegación se hará siguiendo las líneas de sondas de la carta, que seguramente es el recorrido hecho por el buque que ejecutó el sondeo. A las rocas de posición y existencia dudosa se les dará un resguardo prudencial, e idénticas precauciones se tomarán con las puntas salientes de la costa, por ser el fondo siempre escaso en sus proximidades, a la inversa de lo que ocurre en costas barrancosas.

Viéndose obligado un buque a dejar momentáneamente la derrota que sigue, por tener que gobernar al cruzarse con otros buques que trafiquen por ese mismo sitio, puede suceder que se encuentre forzado a pasar cerca de un peligro o bajo fondo; en tal caso deberá utilizarse el ángulo peligroso, aunque los puntos de referencia para medirlo estén a larga distancia y en la ribera opuesta del canal.

En buques grandes y al contornear una punta peligrosa, es indispensable tomar en cuenta su diámetro de giro, y, por consiguiente, la distancia al nuevo rumbo que se va a seguir, a fin de que una vez hecha la maniobra, se quede navegando en la derrota trazada en la carta. Igualmente, y por referencias a la misma punta, se determinará la demarcación que debe tenerse en el instante de mover el timón para cambiar de rumbo. Si hubiese corriente local apreciable, hay necesidad de calcular su dirección e intensidad mientras se ejecute el giro para contrarrestar su efecto y evitar nuevas maniobras que recuperen el espacio perdido.

Al aplicar los elementos que constituyen las curvas de giro de un buque, se deberá tener presente lo explicado en el párrafo 9.23 sobre "características tácticas y su empleo".

Por regla general, los canales rectos y corrientosos se navegan con la corriente a favor, mientras que en los tortuosos se recomienda la corriente de "para" o ligeramente en contra, por ser circunstancia en que los buques gobiernan mejor.

La buena vigilancia al exterior es importantísima. Ella se hará con personal idóneo, concentrándola en dirección de la proa que se lleva y vecindades, recomendando especial atención y pronto aviso de toda mancha o cambio de color en el agua, sargazos vivos, reventazones, hinchazones anormales que se observen en el oleaje, remolinos y escarceos, presencia de grandes cantidades de pájaros marinos que sobrenaden en la superficie del mar, témpanos flotantes y cuanto objeto se divise dentro de los límites del horizonte.

En canales debe hacerse extenso uso del eco-sonda o escandallo especialmente en situaciones dudosas y en las entradas y salidas de puertos.

En muchas ocasiones será necesario proseguir la navegación aun con mal tiempo, cerrazón o de noche; pero para ello deberá tenerse un motivo poderoso. De noche los riesgos aumentan incluso para buques con radar, de manera que es aconsejable.



sejable trazarse un plan de navegación con luz en los pasos estrechos.

A pesar que para los buques con radar se facilita la navegación en canales, no deben abandonarse las precauciones que requiere esta clase de navegación.

Complementario a la navegación y en lo relativo al uso y conservación de las cartas, tiene su importancia la limpieza con que se lleva todo el trazado que se efectúe, principalmente cuando las situaciones son frecuentes. Las líneas y anotaciones que se hagan con lápiz serán bien definidas, legibles y fáciles de borrar.

En general, se tendrá como norma el rayar las cartas lo menos posible, escribiendo en ellas las anotaciones indispensables; cualquiera otra se anotará en el libro "Registro de anotaciones durante la navegación" que con este objeto se lleva en la Sala de Cartas.

En navegación en canales, todo buque debe mantenerse a la derecha del eje medio del canal, siempre que sea posible y sin perjuicio de su seguridad. En todo caso, al encontrarse con un buque de vuelta encontrada, debe gobernar a tomar su derecha.

Además, el navegante deberá conocer detalladamente el sistema de balizamiento empleado y sus reglas de gobierno, lo que redundará en una mayor seguridad de la navegación.

#### 10) NAVEGACION CON NEBLINA.

El Reglamento Internacional para prevenir los Abordajes, entre otras exigencias, obliga a los buques a disminuir su velocidad a un andar razonable en tiempo de niebla y el hecho de contar con Radar, no exime a los buques de esta obligación. Esta precaución cuyo objeto principal es evitar colisiones, se aplica también al caso de una posible embestida contra la costa. Sin embargo, hay otro punto que es necesario tomar en cuenta cuando se navega próximo a la costa, y es el efecto de las corrientes que, en este caso, es mayor que si se navega a toda fuerza, lo cual en determinadas circunstancias, quizás pueda constituir una razón para conservar una velocidad que en otro caso no estaría justificada.

Desde que la neblina aparece, los faros y puntos notables, dejan de verse conjuntamente con la costa, y en parajes desprovistos de estaciones de radiofaros y señales sonoras, no se puede contar con más auxiliares que la "estima", los

"aparatos de sondar" y el "radar" con los cuales todo buque puede navegar con relativa seguridad y obtener situaciones más o menos aproximadas.

Una buena estima se lleva siempre que se haga con cuidado y se observen rigurosamente las siguientes prescripciones:

1º) Situación exacta de la nave, momentos antes que aparezca la neblina. Esta situación será, naturalmente, la de partida mientras dure la niebla.

2º) Tomar el rumbo medio a que se navega y no al que se debe gobernar.

3º) Conocimiento exacto del error del girocompás o del desvío del compás magnético para las proas que se navega, para lo cual es necesario su comprobación reciente.

4º) Conocimiento exacto del error o coeficiente de la corredera para poder determinar correctamente la distancia que se recorre.

5º) Conocimiento más o menos exacto del efecto que ejerce la corriente sobre la derrota para poderla corregir de hora en hora puesto que varía con la localidad, estado de la marea y ángulo que la corriente forma con la derrota.

6º) Emplear las cartas de mayor escala y donde se detalle perfectamente la costa y el fondo.

7º) Finalmente la aplicación de los resultados obtenidos en la práctica del estudio constante de los diversos factores que influyan o puedan influir en la derrota como ser: apreciación de la acción de la marejada y viento para determinada velocidad de marcha y según el calado del buque; conocimiento de la influencia de la corriente local en ciertos parajes de la costa, que naturalmente no son los mismos en cada circunstancia.

La exactitud rigurosa de la estima debe llevarse no sólo en neblina, sino en toda ocasión para que el navegante pueda fiarse de su situación cuando aquella aparezca, acostumbrándose a su exactitud aún en los casos corrientes de navegación corta.

El eco-sonda y demás elementos para sondar, deberán llevarse en funcionamiento de modo que cuando se necesite la profundidad por la cual navega el buque esta se obtenga con rapidez y sin tropiezos.



Si la neblina es baja, que permita ver la cumbre de algún cerro característico, una demarcación y sonda simultánea darán una posición suficientemente aproximada.

En otras circunstancias, es posible estimar la posición por medio de líneas de sondas, obteniéndolas a intervalos regulares, con anotación de hora y calidad del fondo.

El radar, es una ayuda de gran valor en estos casos y, en las proximidades de la costa, se podrán obtener situaciones que den suficiente seguridad a la navegación. Sin embargo, la bondad de estas situaciones dependen de varios factores que limitan las indicaciones del radar. Deben conocerse estas limitaciones a fin de valorizar exactamente el punto obtenido por cualquiera de los sistemas que se emplean en su uso.

Cuando en neblina, se navega en las vecindades de algún peligro, se tomarán todas las precauciones posibles que garanticen seguridad, principalmente si se cuenta con la presencia de corrientes que se hacían sentir con anterioridad.

Al contornear una punta o peligro, las sondas de la carta se examinarán cuidadosamente y si se ven que ellas decrecen con regularidad hacia la punta o peligro, se debe elegir el rumbo convenientemente para pasar completamente claro; cuidando siempre de que el fondo no disminuya.

En parajes someros y de gran corriente, se recomienda fondear tan pronto aparezca la neblina.

Con tiempos cerrados el servicio de vigías se reforzará, colocándolos en sitios elevados como igualmente en lugares que tengan poca altura, a fin de redoblar la vigilancia del horizonte.

Generalmente sobreviene la neblina, en circunstancias de relativa calma. Siendo así, al aproximarse un buque a tierra, el ruido de las reventaciones se suele oír con bastante claridad, antes que aparezca la costa, viéndose la línea blanca formada por la espuma de dichas reventaciones, con frecuencia a bastante distancia aún cuando la costa misma está invisible.

**SEÑALES DE NEBLINA** Las señales de neblina proporcionan al navegante un medio práctico de determinar su posición en relación a un peligro o puntos determinados de la costa, cuando éstos quedan cubiertos por un manto de neblina, chubascos de lluvia o nieve. Mas, el navegante no debe confiarse enteramente en las señales de

neblina y en ningún caso, debe descuidarse la práctica de sondear.

Se debe tener presente que las señales de niebla se oyen a distancias excesivamente variables, y no deben apreciarse distancias basándose en la intensidad del sonido. Ocasionalmente pueden presentarse áreas de silencio en las proximidades de una estación de niebla, como asimismo puede haber un manto de niebla cerca de una estación y no ser notado desde ella, por lo cual la señal no será puesta en funcionamiento.

Es conveniente hacer presente en este Manual un vicio muy común cuando se está navegando en neblina y que debe tomarse en consideración para no caer en él, evitando con ello sorpresas desagradables. Es lo siguiente: "Lo primero que hace el Oficial de Guardia en el puente cuando oye un pito de otro buque, es hacer sonar el de su buque y contestar la señal inmediatamente. El Oficial del otro buque, es muy probable que no pueda oírla, pues está ensordecido con el sonido de su propio pitazo, y, por lo tanto, no viene a darse cuenta de la presencia de otro buque, sino cuando ya es muy tarde y seguramente al ser enjuiciado, jurará con perfecta buena fe, que no ha oído ningún pitazo, aun cuando haya sido tocado tan a menudo como el propio". Todos los Oficiales deben recordar que si ellos hacen la señal inmediatamente de oír otra, seguramente no serán oídos. Deben esperar por lo menos medio minuto antes de contestar una señal, para permitir al Oficial del otro buque adquirir el completo uso de sus oídos.

NOTA. Todo lo que se relacione con señales de niebla en cuanto a sistemas usados, consideraciones y recomendaciones está tratado en detalle en el párrafo 9.34.

## 11) IMPORTANCIA DE TOMAR SONDA.

En muchos casos se han varado buques y han sido sometidos al fallo de una Corte Naval, encontrándose que la varada, ha sido debida a no haber tomado la precaución de sondear. En todos estos casos los Comandantes y Capitanes de navés mercantes han sido responsabilizados. "Si se tiene cualquiera duda sobre la posición del buque al aproximarse a tierra, debe sondarse urgentemente".

Toda clase de precauciones al aproximarse a la costa son pocas, por ello conviene llevar siempre los escandallos listos y si es necesario, se "para" el buque a fin de obtener una sonda exacta; los buques que tienen sondadores acústicos, deben llevarlos en funcionamiento.



El ecosonda está diseñado para obtener la medición de la profundidad por medio de un indicador visual y un registrador, y constituye un instrumento de gran ayuda a la navegación.

Sin embargo, es conveniente recordar que con un sondador acústico correctamente ajustado, se obtienen a veces, ecos falsos, o ecos que no corresponden a la profundidad indicada en la escala. Por este motivo, el empleo del ecosonda debe hacerse siempre cumpliendo estrictamente las directivas que trae cada equipo, como asimismo tomando debida consideración de las instrucciones especiales que dispone el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico para tomar sondas con estos equipos acústicos.

## 12) RECALADA

Antes de recalarse se estudiará con toda minuciosidad la configuración de la costa, fijándose bien en los puntos más elevados que serán los primeros en aparecer a nuestra vista, en los objetos más fáciles de reconocer, como faros, torres, iglesias, puntas notables y todo aquello que pueda prestar al navegante la orientación exacta y la posición de la nave. Es indispensable hacer el estudio de la costa con la carta, derrotero y Lista de Faros a la vista.

Si no tiene exactamente la posición del buque, jamás se hará una recalada de noche con tiempo cerrado o neblina. Deberá tomar en consideración las horas o días que está navegando sin buena situación.

Las vistas panorámicas son de gran ayuda e importancia para la recalada, muchas veces en tiempo cerrado una ligera claridad permite la comparación de lo que se tiene a la vista con la vista de recalada.

En toda recalada, el radar será de una valiosa ayuda, especialmente en circunstancias en que navegue con visibilidad reducida (niebla, lluvia, obscuridad, etc.). En el párrafo 9.38 de este capítulo, se señalan las principales características del radar de navegación, así como sus ventajas y limitaciones. Para una mayor información y conocimiento de los métodos y procedimientos de su empleo, el navegante deberá consultarlos en el "Manual de Navegación", volumen II, Pub. SHOA 3031.

Asimismo, los radiofaros constituyen —también— una buena ayuda para los buques que pueden demarcarlos con los equipos radiogoniométricos. Para su empleo, el nave-

gante deberá consultar siempre las publicaciones "Radioayudas a la Navegación", Pub. SHOA 3008 y "Manual de Navegación", volúmenes I y II, Pubs. SHOA 3030 y 3031.

En lo que respecta a los radiofaros aéreos, debe tenerse presente que aquéllos instalados en las proximidades del mar pueden ser usados por los navegantes en la misma forma que los radiofaros marítimos; sin embargo, deben tomarse las precauciones necesarias con aquéllos situados al interior, por los motivos indicados en el párrafo 9.35 "RADIOFAROS".

## 13) SELECCIONAR EL PUNTO EN QUE SE DEBE FONDEAR

Al elegir el punto o posición en que el buque debe fondear, ya sea en un puerto, bahía, rada abierta o canal, son varios los factores por considerar dentro de las seguridades que deben ofrecer sus condiciones como fondeadero. Delineados y estudiados los veriles de 10 y 20 metros, según el tamaño y calado del buque, como también una vez examinada la capacidad del puerto para contenerlo, se procederá a la inspección de la profundidad y calidad del fondo, teniendo presente que aquella no sea excesiva y que el mejor surgidero es de fango, arcilla o arena, prefiriéndose a cualquiera otro por la facilidad con que estas clases de fondo sujetan las anclas. Otro punto de especial consideración es el abrigo que el fondeadero ofrecerá a los vientos reinantes en la región, marejada que penetra del exterior, dirección y fuerza de las corrientes, amplitud de las mareas, etc., y según la influencia que ejerzan los agentes nombrados, será el caso de emplear una o dos anclas, como asimismo la conveniencia y posibilidad de acoderarse a boya, a un anclote o a tierra.

En teoría casi no es posible dar reglas fijas sobre la distancia a que un buque debe fondearse con respecto a los bajos fondos y peligros; eso sí que hay que tener presente la conveniencia de darse un amplio margen de seguridad como precaución de un posible mal tiempo que haga garrear las anclas. Si el buque se fondea a dos anclas, la dirección de la línea en que quedan ambas, será aproximadamente perpendicular a los vientos reinantes o corrientes de marea, debiendo cada una fondearse suficientemente distante de los peligros para que el buque pueda borrar libremente, cualquiera que sea la dirección del viento o corriente.

Si la carta o plano del fondeadero no ofrece la seguridad requerida por ser escasa en sondas,



una vez el buque fondeado, debe sondarse en bote alrededor del buque hasta unos 400 metros de distancia, con el objeto de asegurarse de que no hay bajos fondos o rocas desconocidas en sus proximidades.

Junto con elegir el fondeadero se estudiarán también los accidentes de la costa y puntos más característicos que por su ubicación se presten para la situación; igualmente las boyas y demás facilidades que ofrezca el puerto para el amarre de los buques.

Se hará un examen prolijo de los diversos detalles de la costa a fin de identificarlos y orientarse antes de entrar al puerto, ubicando perfectamente las diversas irregularidades del fondo y peligros señalados en la carta. La lectura de los derroteros complementa todo cuanto queda dicho conjuntamente con proporcionar los datos sobre los recursos del puerto.

Si el puerto es deshabitado o de escaso tráfico, se impone un examen más minucioso de la carta para establecer la concordancia y bondad del levantamiento. Se darán al SHOA las noticias o avisos sobre cualquier dato de interés para el navegante, que sirva para complementar el derrotero y la carta de la localidad. Merecen especial atención la exactitud de las sondas y peligros, calidad de fondo, cualidades del puerto como tenedero, vientos reinantes, mareas y corrientes, recursos naturales y cuanta instrucción náutica se estime conveniente.

Por último, deberá considerarse que los fondeaderos indicados en las cartas náuticas con el símbolo pertinente, constituyen una recomendación basada en experiencias anteriores.

#### 14) ESTADO DEL TIEMPO

El navegante debe prestar especial atención al estado del tiempo y debe servirse, de los conocimientos de meteorología, de los boletines del tiempo, de las Pilot Charts y de los instrumentos meteorológicos, para saber a ciencia fija las condiciones de tiempo con que navegará el buque.

El conocimiento exacto del tiempo informará al navegante de las corrientes marinas que se desarrollan con un viento continuado de una dirección. Así por ejemplo, en la costa de Chile, cuando los vientos SW de los centros anticiclónicos o los vientos NW de las depresiones ciclónicas soplan con alguna continuidad e intensidad, desarrollan corrientes a la costa que todo navegante debe conocer a fin de corregir en su rumbo el abatimiento producido por estas corrientes.

Para conocer el pronóstico del tiempo y demás informes meteorológicos que emite el Servicio Meteorológico de la Armada siguiendo normas de la Organización Meteorológica Mundial, el navegante deberá consultar el Radioayudas a la Navegación, Pub. SHOA 3008, en la cual aparece una completa información sobre características, procedimientos y demás datos en la irradiación de los Boletines Meteorológicos para la costa de Chile dados por las diversas radioestaciones.

#### 15) MAREAS

Navegando cerca de costa deberá considerarse el estado de la marea y su efecto sobre las corrientes.

Es necesario tomar precauciones cuando se navega en costas que tengan una gran amplitud de marea, por ejemplo, canales de Chiloé, estrecho de Magallanes, etc., teniendo presente que para atravesar un bajo o barra debe calcularse previamente cuanta agua tendrá a la hora que se va a cruzar.

En los parajes en que hay mucha desigualdad de la marea, es necesario extremar las precauciones.

Las Tablas de Marea de la Costa de Chile son confeccionadas y editadas anualmente por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada. En ellas se encuentran todos los datos relacionados con las mareas que necesita el navegante.

#### 16) CORRIENTES

En la práctica, para mantener la nave sobre la línea de rumbo que une dos puntos, existiendo corriente, debe alterarse la dirección de la proa; para corregir, además del abatimiento producido por el viento, el causado por las corrientes marinas.

La naturaleza y origen de éstas concierne a la "oceanografía", al navegante le interesa el efecto que tienen en la derrota, tanto en dirección como en intensidad.

Atendiendo al efecto en dirección e intensidad, las corrientes marinas pueden ser divididas en dos clases:

- a) Corrientes generales u oceánicas.
- b) Corrientes de marea.



### A) CORRIENTES GENERALES U OCEANICAS

Son aquellas que tiran casi siempre en una misma dirección y con intensidad casi constante; elementos que vienen indicados en cartas especiales, Pilot Charts, Atlas y derroteros. Se indica con el símbolo  donde la flecha señala la dirección media verdadera en que tira, y los números, la intensidad en 24 horas.

En nuestra costa, la gran corriente Antártica que corre hacia el E, al chocar con el continente en las vecindades del paralelo 50° S queda dividida en dos ramas principales; una que sigue a lo largo de la costa occidental de la América del Sur y la otra que contornea la extremidad sur del continente. La que sigue a lo largo de la costa occidental de la América del Sur lo hace originada por la configuración del continente y tiene el nombre de corriente de Humboldt, bañando principalmente las costas de Chile, Perú y Ecuador.

Siendo hacia el E la dirección media de la corriente Antártica, su rama hacia el N, o corriente de Humboldt, tiene un componente hacia el E, dentro de su dirección general hacia el N, cuya influencia de deja sentir, principalmente, entre los paralelos 50° y 33° S. La velocidad es de 1/2 a 1 nudo.

Los vientos oceánicos del W de la parte sur del gran anticiclón del Pacífico Sur tienen gran influencia en la corriente Antártica y, por consiguiente, en la de Humboldt.

Como se dijo anteriormente, a la altura del golfo de Penas, la otra rama de la gran corriente oceánica, dobla hacia el S y se une a la corriente del Cabo de Hornos que fluye hacia el E. Esta corriente junto con contornear el extremo austral del continente, penetra por los canales y estrecho de Magallanes, y por ser menos fría, modifica y suaviza el clima de esa región.

Los navegantes en conocimiento de la dirección, formación y componente hacia la costa de las corrientes oceánicas, deberán tomar todas las medidas de seguridad durante las navegaciones, sobre todo cuando se navegue en las proximidades de la costa, dentro de los paralelos 33 y 50° S.

Los "Pilot Charts" dan una buena información sobre estas corrientes.

### B) CORRIENTES DE MAREA

Son las que tiran en dirección e intensidad variable, de acuerdo con el estado de la marea

misma. Estas vienen indicadas en las cartas de navegación con flechas  de flujo o creciente,  reflujo o vaciante. Si encima de las flechas van números indican la intensidad horaria.

No se debe olvidar que la dirección de la onda principal de marea en la costa de Chile viene del NW debido principalmente, al movimiento de rotación de la tierra de W a E. Una marcada influencia de la onda de marea la encontramos en las bocas de los canales, por ejemplo, entrada del Chacao, boca del Guafo, golfo de Penas, boca del Trinidad, estrecho de Magallanes, etc. Es indispensable entonces, que los navegantes tengan presente las fases de la luna, su declinación y sus ápsides, para conocer en cualquier momento las condiciones de marea en que se navega. Naturalmente, en sicigias las corrientes desarrolladas por la onda de marea son mayores.

Los maremotos (tsunamis) también afectan las costas de Chile, que con cierta frecuencia reciben estas ondas oceánicas originadas por terremotos con epicentro en el mar. Estas ondas recorren el Pacífico a gran velocidad ocasionando, según su intensidad, devastaciones en la costa e islas de nuestro litoral.

El SHOA representa a Chile ante el Sistema Internacional de Alarma de Maremotos, cuya sede está en el Observatorio magnético de Honolulu, Hawaii.

### 17) ATRACCIONES MAGNETICAS

Hay que vigilar constantemente el compás magnético y compararlo continuamente, especialmente cuando el buque navega en lugares donde hay atracciones magnéticas, a fin de que el buque no se vea navegando en un rumbo que lo lleve sobre la costa. En la costa de Chile se tendrá especial cuidado principalmente, en la navegación entre Coquimbo y Caldera.

La variación magnética está expuesta a grandes cambios, producidos por perturbaciones locales de la costa o del fondo, en determinados parajes del mundo. Las perturbaciones del fondo se experimentan en profundidades menores de 50 metros.

No se debe tener confianza en los desvíos o arreglos de compases tomados obligadamente en localidades con atracción magnética.

### 18) TEMPESTADES ELECTRICAS Y MAGNETICAS

Durante las tempestades eléctricas y magnéticas deberán tomarse toda clase de precauciones



con los compases y verificar los desvíos. Revisar los pararrayos y probar su funcionamiento. Hay rayos que han producido 7° de cambio en el desvío y en algunas oportunidades hasta el cambio total de magnetismo del buque.

#### 19) EVITAR COLISIONES EN LA MAR

Las colisiones en la mar son de desastrosas consecuencias. Para evitarlas se debe dedicar la máxima atención a la vigilancia del exterior y al conocimiento de los casos que se presentan, para maniobrar con seguridad y sin vacilación.

De noche la vigilancia debe ser mayor, puesto que la visibilidad de las luces varía con las condiciones meteorológicas. Al divisarse una luz en el horizonte, debe demarcarse a intervalos; si la demarcación es constante, es decir, si se mantiene, el peligro se hace mayor, puesto que el rumbo con que se desplazan los buques, los llevan a la colisión; si la demarcación varía, el riesgo desaparece, tanto más ligero cuanto mayor sea el cambio de la demarcación.

Se debe tener presente que muchas colisiones han tenido lugar por economizar tiempo y distancia, por ello se recomienda que si un buen gobierno exige una demora y un camino más largo, es deber primordial efectuar ese buen gobierno.

Avistado un buque o sus luces, se debe cumplir con el "Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes", una vez meditada la maniobra que ha de ejecutarse, en caso de duda, es preferible hacer una maniobra exagerada, pero segura.

Se debe tener especial cuidado con las propias luces de navegación y en todo caso deberán tenerse listos los faroles de emergencia correspondientes.

El Resumen Gráfico del Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes (carta N° 3), se encuentra en todos los buques y es obligación de todo oficial conocerlo a bordo para poder aplicarlo sin vacilación cuando se presente la oportunidad.

El hecho de contar a bordo con radar o cualquier otra ayuda electrónica a la navegación, no exime del cumplimiento estricto de las prescripciones del "Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes" y en especial las obligaciones sobre señales fónicas y a disminución de velocidad en tiempo de neblina.

En resumen, podemos establecer que hay dos factores principales que son la causa mayor de los accidentes en la mar.

- a) Falla en la mantención de una buena vigilancia.
- b) Debilidades en la organización y trabajo de puente.

Se deberá tener presente que el Oficial de Guardia de una nave es el responsable directo de mantener una vigilancia eficiente hacia el exterior, empleando e interpretando todos los elementos de navegación e instrumental que posee el buque, y poder así oportunamente evitar los abordajes; también al Capitán o Comandante de un buque le corresponde dar las instrucciones y directivas precisas al respecto con el fin de que los oficiales de guardia puedan adoptar una acción temprana en caso necesario.

Un alcance especial merecen las plataformas petroleras, en el sentido de que la navegación en sus proximidades no debe acercarse a menos de una milla náutica de distancia de ellas. En todo caso esta distancia de seguridad dependerá de la ubicación de la plataforma con respecto a la ruta o track de navegación.

Igual advertencia se hace con respecto al riesgo de colisión con buques-faros, buques-estaciones oceanográficas o meteorológicas, o grandes boyas automáticas (Lanbys), debiendo la nave que se acerca a ellas tener en cuenta lo siguiente:

- a) La deriva producida por el viento y corriente.
- b) Evitar el acercamiento, si la aproximación se está efectuando con una demora constante.
- c) Si una señal sonora está sincronizada con un radiofaro o radiobaliza, deberá extremarse la prudencia al emplear los datos de distancia.
- d) Si la aproximación se está realizando con un rumbo directamente sobre ellas, se deberá cambiar de rumbo con bastante antelación.

#### 20) DISPOSITIVOS DE SEPARACION DEL TRAFICO MARITIMO

Como medida de mayor seguridad en la navegación y prevención de abordajes en determinadas zonas marítimas se han establecido disposi-



tivos de separación del tráfico los que previamente han sido aprobados por la "Organización Marítima Internacional" (O.M.I.).

Estos dispositivos consisten esencialmente en "vías de circulación" con sentido único y apartadas por una zona de separación entre ellas. Las flechas que figuran en las cartas sólo indican la dirección general del tráfico y los buques deben asegurarse de que sus rumbos concuerden con dicho sentido manteniéndose lo más a estribor que les sea posible de la zona de separación, evitando entrar en ellas.

Estas vías de circulación no son obligatorias, pero conceden un derecho especial a los buques que las utilizan, de tal manera que el navegante deberá tener un completo conocimiento de la Regla 10 del Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes (1972), la cual contiene todas las disposiciones que tienen relación con los "dispositivos de separación del tráfico".

## 21) NAVEGACION EN ZONAS DE HIELOS.

En la Antártica y en algunos canales y zonas de la región austral, la presencia de hielos constituye un obstáculo para la navegación y encierra peligros que los buques deben saber sortear y afrontar.

En general los hielos pueden presentarse en forma de témpanos aislados (icebergs) o de campos de hielo (pack-ice).

Los siguientes principios deberán tenerse muy presente en navegaciones de estas características:

- a) Los témpanos derivan con la corriente.
- b) Los campos de hielo derivan, generalmente, por efecto del viento.
- c) Los campos de hielo son delatados por un fenómeno óptico llamado "ice-blink" (resplandor de hielo) y que es motivado por el reflejo de la luz sobre la superficie del campo de hielo. Este efecto se observa tanto en tiempo claro como nublado; también suele verse de noche.
- d) La estima se dificulta bastante por los continuos cambios de rumbos y variaciones en la velocidad.
- e) En la Antártica, el reconocimiento de la costa se hace dificultoso por estar en su mayoría las tierras totalmente cubiertas de nieve y hielo.

f) El uso del Radar es de un valor inestimable, pero aún así, no debe tenerse confianza ciega en él y la derrota debe llevarse siempre por los métodos clásicos. El uso del ecosonda debe ser casi permanente y debe sacarse buen provecho de él.

En las proximidades de hielos y en condiciones de baja visibilidad es recomendable emplear el Radar en las escalas de 6 a 12 millas para proporcionar un aviso anticipado, y una vez detectados deberá llevarse un plotting geográfico de ellos por si se pierden en la pantalla.

Los icebergs pueden ser detectados a 15 o 20 millas de distancia, en cambio los demás tipos de hielos no se detectan a más de 3 millas y generalmente por constituir un mal blanco a veces no son detectados.

g) La presencia por barlovento de un campo de hielos o de un témpano de grandes dimensiones, puede ser señalado por una repentina disminución de oleaje sin disminución del viento.

h) La aparición de escombros de hielo, indica la posibilidad de existir hielos de mayor tamaño, especialmente témpanos, probablemente a barlovento.

i) No es conveniente acercarse a menos de 100 metros de un témpano pues además del peligro que pueda darse vuelta o tener desprendimientos, generalmente despiden salientes agudas bajo el agua. No debe olvidarse que por regla general el témpano mantiene las 9/10 parte de su volumen sumergido; es decir que solamente aflora la décima parte de él.

j) En las cartas de la Antártica que presenten poca densidad de sondas, es conveniente desconfiar de aquellas zonas de mar claras de hielo cuando a su alrededor ellos existan, pues eso puede indicar bajas profundidades o aguas someras.

k) No se puede dar una forma definida si un témpano debe pasarse por barlovento o sotavento. Esto se debe a los diferentes factores que hay que analizar: viento, corriente, intensidad de estos elementos, condiciones de maniobrabilidad del buque, andar disponible, etc. Deberá analizarse en particular cada caso. En la duda, es preferible pasar por barlovento.

l) La navegación en un campo de hielo (pack-ice), es una maniobra que acarrea cierto peligro



en determinadas circunstancias y por esta razón ella debe efectuarse con el sentido marinerio que la situación lo requiere. Debe tenerse presente que es necesario que el buque se mantenga en movimiento sin perder viada adelante, trabajando siempre con el hielo y nunca contra él. Si la densidad del hielo es tal que el buque se ve obligado a disminuir mucho su andar y a efectuar constantemente caídas, se corre el peligro de acercarse a témpanos que naveguen por efectos de la corriente, de vuelta encontrada. Al disminuir el andar por razones expuestas el buque no obedece el timón sino a las máquinas, y si en estas condiciones, sobreviene un mal tiempo se corre el riesgo de dañar seriamente el timón, hélice o el casco.

Lo expuesto anteriormente son principios generales para navegación en zonas de hielo. Para la navegación en aguas antárticas y, con el objeto de tener mayores antecedentes, normas e instrucciones deberá consultarse el Derrotero de la Costa de Chile, Volumen VI, Territorio Chileno Antártico, las cartas y demás publicaciones que edita el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada.

NOTA. Véase el capítulo II de este Manual, que se relaciona con cartas de navegación y que debe tenerse presente en la navegación en las cercanías de la costa.

### 9.37 RADIOGONIOMETRIA

#### 1) GENERALIDADES

Un radiogoniómetro es un instrumento que permite demarcar las ondas electromagnéticas que son emitidas por una antena transmisora de radiotelegrafía.

Como las señales son emitidas por una radioestación de situación conocida, el radiogonió-

metro nos permite determinar con la debida exactitud la dirección desde el cual proviene una sonda electromagnética, que nos permitirá obtener la situación de las naves por los métodos corrientes de situación, al tomar demarcaciones a puntos conocidos. Como vemos, es de mucha importancia para el navegante, pues constituye un eficaz auxiliar, tanto para navegación marítima como para aeronavegación.

#### 2) IDEA SOBRE EL FUNCIONAMIENTO DEL RADIOGONIOMETRO

El instrumento está basado en la Ley de Lenz, que dice: "Un campo magnético que corta a un conductor, genera en él una fuerza electromotriz entre sus terminales, la cual a su vez genera un campo magnético alrededor del conductor, que se opone al campo magnético primitivo".

Toda antena vertical, es cortada siempre por ondas electromagnéticas, de cualquier dirección que ellas vengán; pero con una antena de este tipo no se podrá obtener la dirección de donde viene la onda. Para conocer la dirección en que se viene propagando la onda se adoptó las antenas de cuadro giratorias, en las cuales la intensidad de las señales audibles en los faros, estará en función del coseno del ángulo que forma el plano de la antena, con la estación radiotelegráfica emisora, como veremos más adelante.

El movimiento de la antena se transmite mediante una manivela y la posición de la antena en un momento cualquiera, es acusada por un puntero sobre una esfera graduada (rosa muda), cuyo origen puede ser la línea de crujía del buque o el norte verdadero, si dicha esfera es un repetidor de un girocompás.

Supongamos (fig. 9.37-a), que una antena de cuadro se coloca paralelo a la dirección en que se mueven las ondas de radio, es decir que forma un ángulo de cero grado con la estación; las

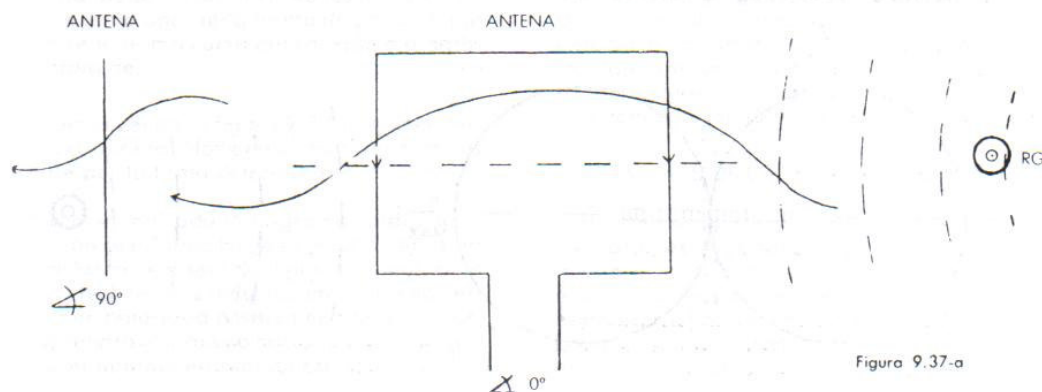


Figura 9.37-a

ondas electromagnéticas inducirán en el conductor de la derecha una fuerza electromotriz antes que en el conductor de la izquierda, quedando ambos ligeramente fuera de fase entre sí. Tenemos entonces dos FEM que no son de igual magnitud momentáneamente y por lo tanto tendremos una circulación de corriente que será audible en los fonos, previa amplificación, detección, y de una intensidad mayor que en cualquier otra posición intermedia de la antena, pues cuando la antena esté perpendicular a la dirección desde donde proviene la onda, el campo magnético corta simultáneamente y con igual intensidad los dos conductores verticales induciendo en ellos una FEM de idéntica magnitud, pero de dirección opuesta que se anulan, lo que trae por consecuencia una recepción en los fonos, teóricamente nula.

Tendremos entonces que la intensidad máxima de los fonos, la tendremos cuando la antena está orientada hacia la estación emisora, y será nula cuando está a  $90^\circ$  de ella.

De aquí deducimos que dibujando la curva que nos representa la intensidad audible en los fonos, al dar una vuelta de  $360^\circ$  a la antena de marco, esta curva afectará la forma indicada en la figura 9.37-b; y conocida como la "curva del ocho" o "diagrama polar".

De esta curva sacamos la lógica consecuencia de que toda antena de marco nos dará dos máximos que unidos y prolongados nos darán dirección de la estación emisora, pero no el sentido, pues la estación puede encontrarse hacia A o hacia B, donde el sonido es máximo.

Pero es necesario considerar que el oído humano es más susceptible de captar la disminución en la intensidad sonora, que su reforzamiento; es decir, no tendremos seguridad para indicar cuando un sonido llega a tener su tono

más alto, pero sí, cuando un sonido se hace tan débil que casi desaparece, razón por la cual es más fácil buscar la dirección de la estación, cuando el sonido se hace muy débil o cuando se deja de percibir, este requisito se cumple, como hemos visto, en el radiogoniómetro cuando la antena de cuadro está a  $90^\circ$  en la estación emisora; o sea, cuando oigamos el mínimo, la estación estará a  $90^\circ$  de la dirección acusada por el puntero de la antena, o en su dirección si a dicho puntero se le ha hecho este avance de  $90^\circ$ .

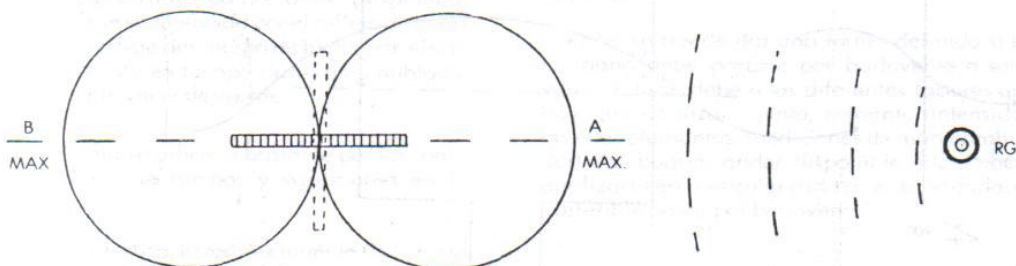
### 3) FORMA DE DETERMINAR EL SENTIDO

La determinación del sentido significa, como ya se dijo, despejar cual de los dos máximos del diagrama polar de la antena de cuadro, es el que realmente nos indica la dirección, desde donde proviene la onda.

El mismo instrumento nos proporciona los medios conducentes a determinar el sentido en que se encuentra la estación emisora, con el auxilio de una pequeña antena abierta vertical, que tiene la propiedad de reforzar la intensidad de la señal o la disminución, de acuerdo con su dirección.

Con este objeto, como vemos en la figura 9.37-c, recurrimos a la superposición sobre el diagrama polar de la antena de cuadro, el correspondiente a una antena vertical. Vemos en la figura que el diagrama circular queda circunscrito al 8, lo que significa prácticamente que la intensidad de recepción con la antena vertical, debe ser igual a la de los máximos de la antena de cuadro.

A la fuerza electromotriz inducida en la antena vertical le podremos asignar una polaridad negativa, que es el caso general (puede ser también positiva).





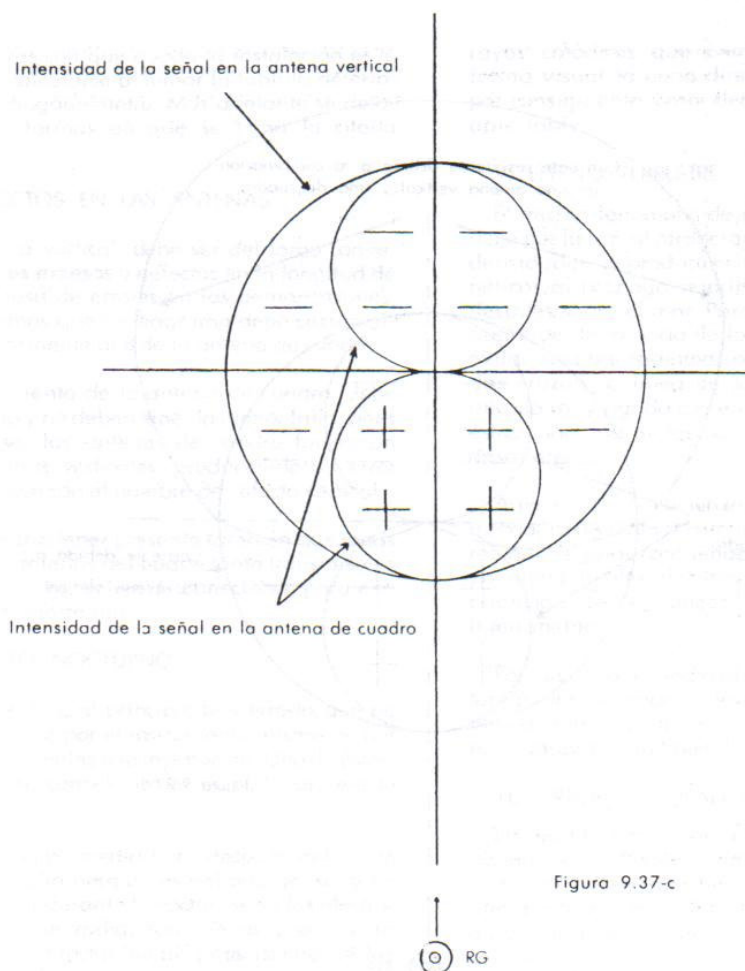


Figura 9.37-c

Como las intensidades con igual signo se suman y los de polaridad opuesta se restan, el digrama polar resultante no es un círculo, siempre toma una cierta forma de corazón, por lo que se le llama curva del corazón o diagrama cardioide.

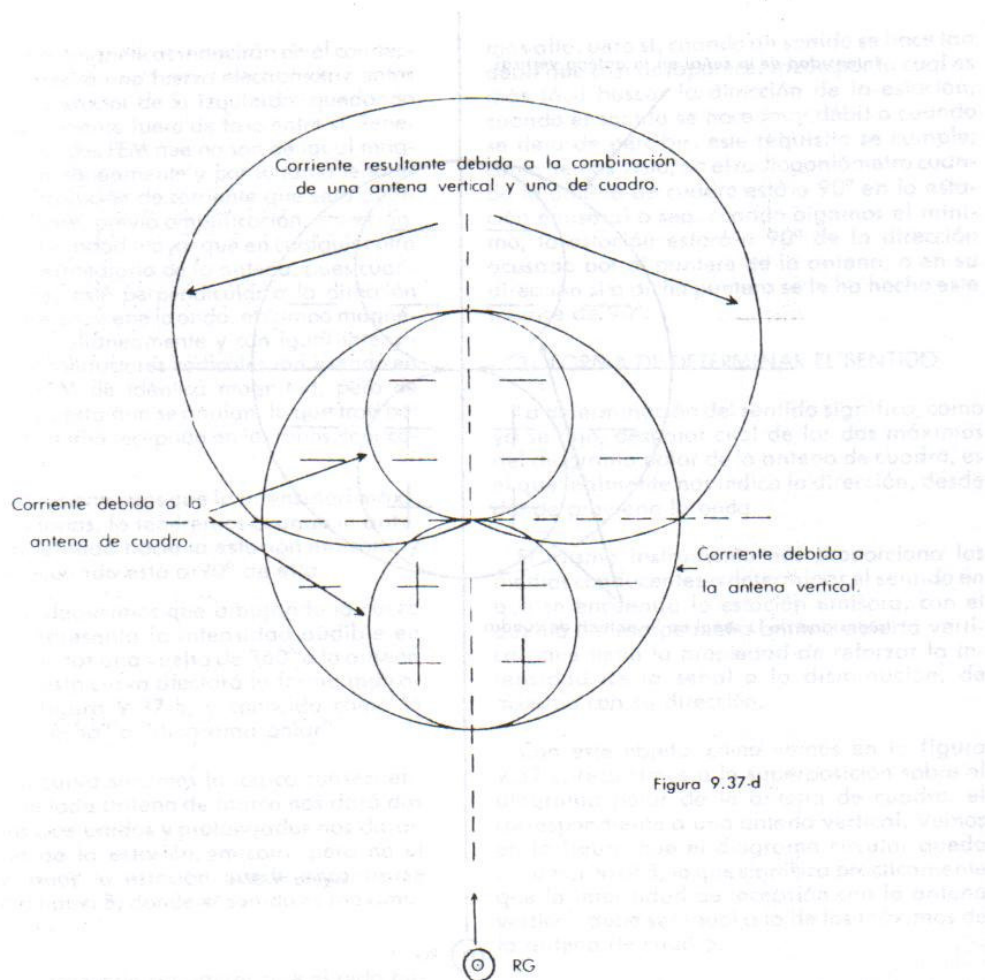
Podemos ver en la figura 9.37-d, que el diagrama cardioide sólo tiene un mínimo, que nos permite por lo tanto determinar el sentido.

En el caso indicado el diagrama cardioide se forma con su mínimo hacia la estación emisora y el máximo en sentido opuesto; pero si la fuerza electromotriz inducida en la antena vertical tiene polaridad positiva el diagrama cardioide tendrá el máximo hacia la estación emisora y el mínimo en sentido opuesto.

Como, según se dijo antes, el sonido mínimo es el que percibimos mejor, los radiogoniómetros tienen un puntero a  $90^\circ$  de la barra que nos da la dirección de la estación, y este puntero al percibirse el mínimo en los fonos, nos estará indicando el sentido en que está la estación transmisora sobre el repetidor del girocompás o la demarcación relativa sobre la rosa muda.

#### 4) ERRORES DE LOS RADIOGONIOMETROS

Hay varias fuentes de errores en las radiomarcaciones. Algunos son inherentes al instrumento mismo, otros se producen por factores exteriores, otros por error personal y por último es necesario hacerle una corrección a la demarcación radiogoniométrica para poderla trazar en una carta Mercátor.



A continuación veremos en particular cada error que hemos señalado en forma general.

##### 5) ERROR PERSONAL

La instrucción y experiencia personal, es, tal vez, uno de los factores más importantes para obtener buenas demarcaciones por radiogoniómetro. Es necesario una buena práctica para reducir este error a un mínimo. Por tal motivo, el navegante, debe preocuparse de este importante aspecto y no venir a emplear sólo el instrumento cuando trata de situarse en neblina, que es cuando precisamente deberá obtener el máximo de rendimiento de esta valiosa ayuda.

##### 6) ERROR DE CALIBRAMIENTO.

Los radiogoniómetros en forma parecida a lo que sucede a los compases, debido a las masas magnéticas del buque, están expuesto a obtener con error las direcciones en que llegan al buque las ondas electromagnéticas.

En general, cuando se instala un radiogoniómetro a bordo, los técnicos tratan de colocar las antenas en lugares, que queden libre de esas perturbaciones magnéticas, tratando además de compensar en parte estos errores que se producen. Pero es imposible anularlos totalmente.



Los errores con que queda la instalación es lo que debe calcularse al tomar la tablilla de errores del radiogoniómetro. Más adelante se detallarán las formas en que se toma la citada tablilla.

#### 7) DEFECTOS EN LAS ANTENAS.

La antena vertical, debe ser del largo conveniente, pues excesos o defectos en la longitud de ella, es causa de errores en las demarcaciones, pues sabemos que su diagrama debe circunscribirse exactamente al 8 de la antena de cuadro.

El aislamiento de la antena de cuadro, debe ser perfecto y no deben tener la menor falla, pues en tal caso, las antenas de cuadro funcionan como antenas verticales, produciendo un error que se conoce con el nombre de "efecto vertical".

Es necesario tener presente también que todas las demás antenas del buque tanto transmisores como receptores, deben desconectarse, para evitar desvíos anormales.

#### 8) EFECTO NOCTURNO.

Como se dijo, al principio hay errores que no son producidos por el instrumento mismo, ni por factores inherentes a la instalación. Uno de éstos, es el que se conoce con el nombre de "efecto nocturno".

Más o menos media hora después del ocaso del sol y media hora antes del orto del sol y en menor escala durante la noche las ondas electromagnéticas de radio, son menos precisas en cuanto a su directabilidad; pues dentro de las horas indicadas y a distancias mayores de 300 millas, se percibe, además de la onda directa, la onda reflejada de la estación emisora, dando la marcación resultados imprecisos, pues el mínimo está cambiando constantemente de ubicación sobre la rosa muda o el repetidor del girocompás. Esto se debe a que en ausencia del sol, la capa de Heaviside, es muy irregular para reflejar las ondas.

No existe ningún medio para corregir este error; pero se puede contrarrestar en parte, tomando la media de varias lecturas, ya que el error en dirección que introduce este efecto, es variable a uno y otro lado de la verdadera dirección, durante el lapso de la observación. Por esta razón, se puede contrarrestar en parte el efecto nocturno, tomando la media de varias lecturas.

Sin embargo, los modelos modernos de radiogoniómetros traen consigo un dispositivo de

rayos catódicos que permiten diferenciar en forma visual la onda directa de la reflejada y por consiguiente tomar demarcaciones, sin error apreciable.

#### 9) EFECTO TERRESTRE.

El mismo fenómeno de refracción que se produce por la luz, al atravesar medios de diferentes densidades, se produce en las ondas electromagnéticas al propagarse primero sobre la tierra y después sobre el mar. Para evitar esta reflexión aparente de la onda de la costa es conveniente evitar el tomar radiomarcaciones cuando las ondas cruzan la línea de la costa formando un ángulo muy agudo con ella; puesto que cuando éstas son normales a la costa, el efecto desaparece.

Además, si la estación transmisora está muy al interior de la costa o bien deben pasar por lugares de irregular conformación geográfica, como por ejemplo, altas montañas, la dirección de propagación de las ondas puede ser desviada ligeramente.

Por las razones indicadas, no es conveniente tomar demarcaciones de estaciones que están muy al interior de la costa, ni tomarlas a ángulos muy agudos en la línea de costa.

#### 10) ERROR CUADRANTAL.

En realidad no es un error especial. Por regla general los radiogoniómetros reciben con mayor error las ondas que llegan por las amuras o aletas. Por eso se le llama cuadrantal, pero éste queda después incluido en la tablilla de errores calculada.

#### 11) TRAZADO DE UNA DEMARCACION RADIOGONIOMETRICA EN UNA CARTA MERCATOR.

Sobre la superficie terrestre los meridianos son círculos máximos que se cortan en los polos de la tierra. En el Ecuador terrestre estos meridianos son líneas paralelas, separadas a una distancia igual a la diferencia de longitud en minutos que exista entre ellos.

En los polos se cortan formando un ángulo, que es igual a la diferencia de longitud entre ellos.

Luego si los meridianos son en el Ecuador paralelos entre si y en los polos se cortan formando un ángulo dado, quiere decir que en una latitud cualquiera un meridiano con otro forman un ángulo que variará con el seno de la latitud, puesto que este ángulo es cero en el Ecuador y máximo

en los polos. De lo dicho se deduce que el ángulo formado por dos meridianos en cualquier latitud será igual a "g sen Lm".

Este ángulo que se llama "Convergencia de Meridianos", existe en la superficie de la tierra, pero no en una carta de proyección Mercator, puesto que en ésta, todos los meridianos se dibujan paralelos en toda su extensión. Sabemos también que, en la carta Mercator, los círculos máximos se representan por curvas, mientras que las líneas de rumbo o loxodrómicas son líneas rectas, luego para trazar en una carta una demarcación radiogoniométrica, que es una ortodrómica (arco de círculo máximo), habrá que convertirla previamente en loxodrómica (línea recta), lo que se consigue efectuándole a la demarcación radiogoniométrica, una corrección por convergencia de meridiano.

Veamos la figura 9.37-e, la explicación de lo anteriormente expuesto.

Sabemos que las ondas electromagnéticas se propagan del transmisor al receptor por el camino más corto; es decir, siguiendo el círculo máximo u ortodrómica.

Si el buque B de la figura 9.37-e, emite un signo radiotelegráfico; un radiogoniómetro en R puede determinar la dirección del círculo máximo entre B y R, o sea, la dirección en que está la estación transmisora. Esta dirección no es otra cosa que la tangente en R al arco de círculo máximo que un R con B.

Si el buque B traza en la carta Mercator la radiomarcación recibida por R obtendrá una loxodrómica como RL, que fijará la nave un tanto más al Sur de su verdadera posición. Esto nos indica que las radiomarcaciones no pueden ser trazadas directamente en una carta Mercator, tal cual las reciba el radiogoniómetro, sino que debe antes efectuársele una corrección igual a la diferencia entre el rumbo ortodrómico y el loxodrómico, entre el receptor y transmisor o vice-versa.

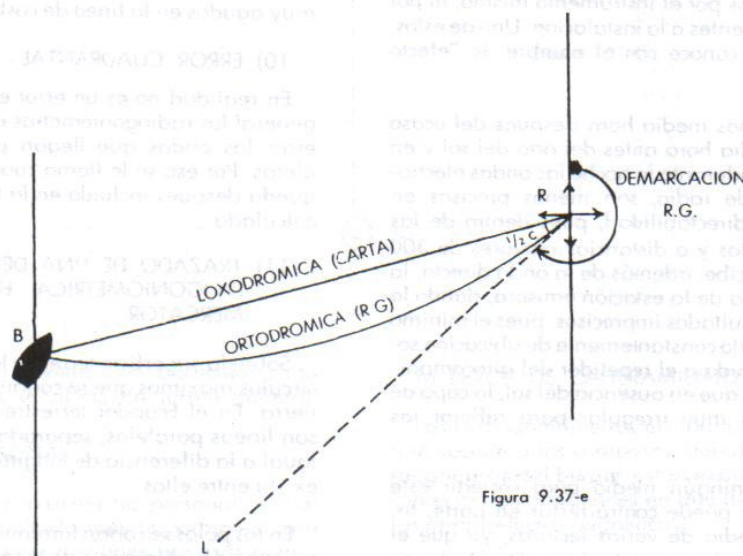


Figura 9.37-e



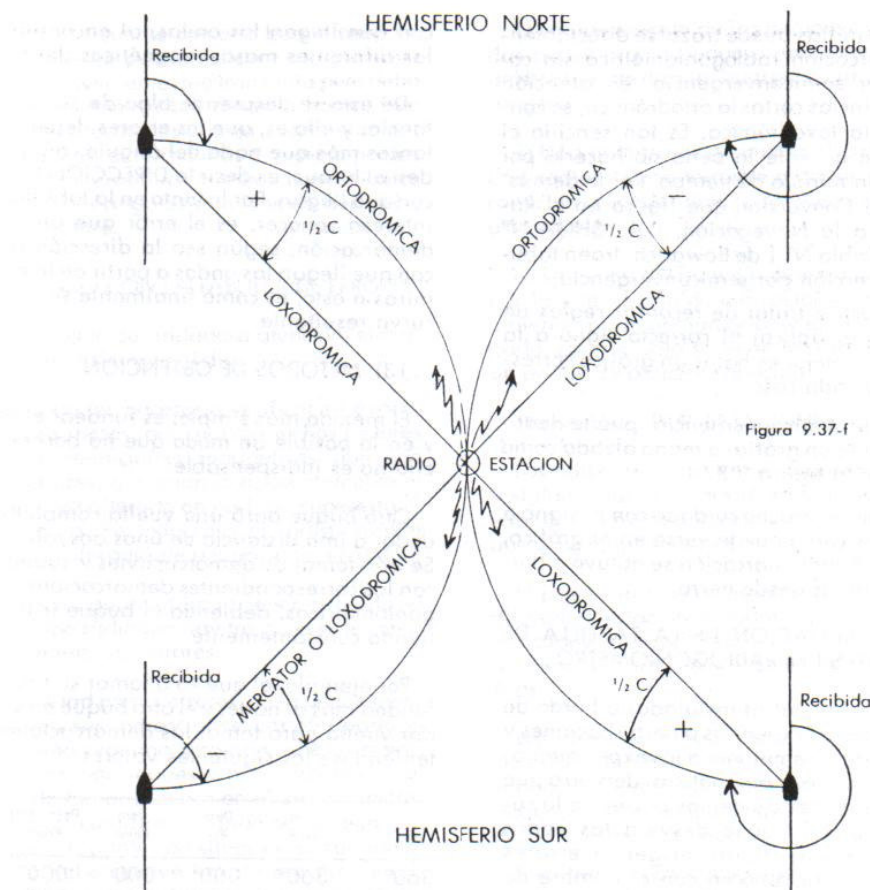


Figura 9.37-f

Esta corrección será igual a la mitad de la convergencia; puesto que la convergencia involucra la diferencia en ángulo en ambos meridianos, el de salida de la onda y el de llegada. Solo bastará entonces corregir en el punto considerado la mitad de la convergencia, corrección ésta que llamamos semi-convergencia.

De la fórmula de semi-convergencia  $\frac{1}{2} C = \frac{1}{2} g \sin Lm$  se desprende que si  $g = 0^\circ$  el buque estará en el mismo meridiano que la Radioestación y por lo tanto no habrá corrección, ya que la onda se propaga por el mismo meridiano, lo que hace por círculo máximo, que en este caso se confunde con la loxodrómica, y que se comprueba en la fórmula, al quedar reducida a cero la expresión.

Si  $g = 0^\circ$ ,  $\frac{1}{2} g \sin Lm$  será  $0^\circ$ .

Si  $Lm$  es  $0^\circ$ ; quiere decir que el buque y la radioestación se encuentran situados en el Ecu-

dor, o bien en latitudes iguales, pero de diferentes hemisferios y no habrá corrección puesto  $\frac{1}{2} C = g \sin 0^\circ = 0$ .

El valor de la semi-convergencia depende entonces, de las latitudes y de la diferencia de longitudes. Esto nos hace ver, de acuerdo con la función del seno y de los valores antes dichos, que una demarcación tomada desde 200 millas de distancia en las cercanías del Ecuador, o en dirección aproximadamente Norte-Sur, requiere menos corrección que para otra tomada desde sólo 50 millas en alta latitud, cuando se toma en dirección aproximada Este-Occidente.

Por las razones expuestas, es mejor siempre determinar la corrección que corresponda, cualquiera que sea la distancia en que se encuentra el buque de la estación transmisora y hacer caso omiso de lo que recomiendan algunos textos de navegación en el sentido que en distancias me-

nores de 50 millas puede trazarse directamente la demarcación radiogoniométrica sin corrección por semiconvergencia, en atención que en distancias cortas la ortodrómica, se confunde con la loxodrómica. Es tan sencillo el cálculo, que no vale la pena no hacerlo por ahorrarse un minuto de tiempo. Por lo demás, la Tabla de Conversión que figura en el Radioayudas a la Navegación, Pub. SHOA N° 3008, o la Tabla N° 1 de Bowditch, traen tabulada la corrección por semiconvergencia.

No es práctico tratar de recordar reglas de memoria para aplicar el correcto signo a la corrección. Lo mejor es hacer un gráfico correspondiente a cada caso.

El signo de semiconvergencia, puede deducirse mediante un gráfico a mano alzada como se indica en la figura 9.37-f.

Hay que tener mucho cuidado con el signo a aplicar, pues como puede verse en el gráfico, depende si la radiomarcación se obtuvo a bordo o fue tomada desde tierra.

## 12) DETERMINACION DE LA TABLILLA DE ERRORES DEL RADIOGONIOMETRO

Los radiogoniómetros instalados a bordo de los buques, están expuestos a perturbaciones y errores en forma semejante a los experimentados por los compases magnéticos, debido a que los palos, chimeneas y demás partes de la superestructura del buque desvían las ondas electromagnéticas dando origen a errores constantes que se conocen con el nombre de Errores.

Estos errores pueden ser parcialmente anulados con ayuda de antenas auxiliares o bobinas de reactancias especiales instalados en el radiogoniómetro.

La tablilla se obtiene observando simultáneamente una demarcación y la que da el radiogoniómetro. La diferencia entre ambos es el error.

Para obtener la tablilla, es necesario previamente dejar el buque en condiciones óptimas de escucha, o sea, transmisores y receptores desconectados, plumas, artillería, puertas, tapas escotillas, etc., en posición de trinca para la mar. De aquí se puede inferir inmediatamente, que cuando se estén obteniendo radiodemarcaciones, se tratará de hacerlo en las mismas condiciones que tenía cuando se estaba determinando la tablilla.

Ya hemos dicho que, el error se debe a las desviaciones, que se producen en la dirección

con que llegan las ondas, al encontrarse con las diferentes masas magnéticas del buque.

De esto se desprende algo de suma importancia, y ello es, que los errores dependen entonces más que nada del ángulo con que inciden al buque; es decir la DIRECCION RELATIVA con que llegan. Por lo tanto en la tablilla lo que interesa conocer, es el error que afecta a la demarcación, según sea la dirección relativa con que llegan las ondas a partir de la proa. En miras a esto, es como finalmente se dibuja la curva resultante.

## 13) METODOS DE OBTENCION

El método más simple, es fondear el buque, y en lo posible de modo que no bórnee, pero ello no es indispensable.

Otro buque dará una vuelta completa alrededor a una distancia de unos dos mil metros. Se irán tomando demarcaciones visuales junta con las correspondientes demarcaciones radiogoniométricas, debiendo el buque ir transmitiendo constantemente.

Por ejemplo, el que va a tomar su tablilla se fondea más al norte, y el otro buque empieza a dar vuelta para tomar las demarcaciones, obteniéndose los siguientes valores:

| Proa | Dem. Verd. | Dem. RG. | Dem. Relat. | Dem. relat. Exact. | Error |
|------|------------|----------|-------------|--------------------|-------|
| 360° | 360°       | 000°     | 000°        | 000°               | 0°    |
| 340° | 015°       | 014°     | 034°        | 035°               | +1°   |
| 36°  | 030°       | 033°     | 033°        | 030°               | -3°   |
| 350° | 045°       | 039°     | 049°        | 055°               | +6°   |

Como se puede ver en estos casos, basta hacer la diferencia entre la demarcación tomada con el girocompás y la tomada con el radiogoniómetro para obtener el VALOR del error. Se ha supuesto que el girocompás no tiene error.

Se ha sacado la palabra valor, porque ésta debe aplicarse a la demarcación radiogoniométrica RELATIVA, se esté actuando o no con repetidor de girocompás cuando se toma la lectura.

Resumiendo, lo que se debe tener en la tablilla son los valores que se deben aplicar a las radiomarcaciones captadas a bordo relativas a la proa del buque, para que aplicadas a estas radiomarcaciones nos den las demarcaciones relativas exactas en que llegan las ondas. Es cuestión posterior convertirlas en demarcaciones verdaderas.



Cuando no se cuenta con otro buque para tomar la tablilla, se puede solicitar a alguna radioestación conveniente que transmita pero debe quedar claramente visible desde a bordo. Este último método, es molesto para el gobierno del buque, ya que será mucho más demoroso por las dificultades de encontrar rumbos convenientes para obtener los ángulos relativos en que debe tomarse la tablilla.

#### 14) CUIDADO CON LA TABLILLA DE ERRORES.

Debe ser objeto de cuidadosa atención, el mantener la tablilla siempre al día.

Desde luego, es necesario verificar su exactitud cada seis meses, por cuanto muchos factores alteran las condiciones magnéticas que son causa de errores, aún cuando aparentemente el buque no haya alterado en nada su superestructura o antenas. En todo caso es indispensable tomar tablilla después de reparaciones en dique.

No tiene ninguna utilidad tener a bordo el costoso equipo radiogoniómetro, si no se le conocen exactamente sus errores.

Sin seguridad en sus errores, no se puede tener confianza en sus indicaciones; por otra parte la neblina y una próxima recalada en esas condiciones, no es por supuesto ni la ocasión ni el momento de tomar práctica en el uso del instrumento. Por el contrario, cuando se navega con costa y buenos puntos de situación es cuando el navegante debe aprovechar de practicar y adquirir confianza y seguridad en el radiogoniómetro, a la vez que tendrá buenos elementos de juicio para ver que grado de confianza le ofrece, al poder comparar las situaciones simultáneas que obtiene por costa y por el radiogoniómetro.

#### 15) SITUACION POR RADIOGONIOMETRO.

Existen dos métodos en uso. En el primero, la marcación de un buque se obtiene por una o más estaciones RG terrestres, las que son comunicadas enseguida. En el segundo, la demarcación a una estación de radiotelegrafía, se obtiene en el mismo buque, cuando lleva un equipo de radiogoniómetro instalado y calibrado.

La marcación que se obtiene en cada caso es un lugar geométrico y en consecuencia puede situarse la nave por:

1) La intersección de las marcaciones tomadas al buque por las estaciones terrestres o desde un buque cuya posición se conozca.

2) La intersección de las demarcaciones tomadas por el propio buque a estaciones radiotelegráficas, terrestres o buques cuya posición se conozca.

3) Una demarcación tomada al, o del buque a una radioestación terrestre o buque de posición conocida, combinada con una observación astronómica.

La situación del buque puede ser determinada por la intersección de marcaciones simultáneas, o bien por una demarcación y el intervalo navegado, cuando sólo se tiene una radioestación o un buque de posición conocida.

#### 1er. CASO, POR ESTACIONES R.G.

Los países de gran tráfico marítimo, día a día instalan estaciones destinadas a este único objeto, dar la radiomarcación a que está el buque que solicite sus servicios.

El procedimiento a seguir varía mucho en las diferentes estaciones; todos los detalles vienen indicados, en cada caso, en el "Admiralty List of wireless signals", o en el Radio Navigational Aids.

Usualmente, el buque que necesita el servicio de éstas, llama a la estación que más le convenga, considerando la situación estimada del buque, y le pide que tome la radiomarcación desde la estación al buque.

En algunas localidades varias estaciones están unidas por líneas telegráficas o de radio; éstas toman simultáneamente sus respectivas marcaciones al buque que lo solicita. Demarcaciones que le son transmitidas, a su vez, por una de ellas llamada "estación central" que puede o no tener R.G.

Algunas estaciones no pueden distinguir entre una radiomarcación y su recíproca. Si se recibe una que se considere es la recíproca, no debe intentar su empleo, debido a que el calibramiento aplicado, en la estación terrestre, a la radiomarcación, es probablemente diferente a aquel que corresponde a la recíproca.

La seguridad de las radiomarcaciones depende de una serie de condiciones: pero como regla general cuando están comprendidas dentro del sector de trabajo de una estación radiogoniométrica, puede considerarse al presente, con un error menor de 2°. Por esto, aunque las radiomarcaciones de tres estaciones se corten formando un triángulo pequeño, la situación debe tomarse como estimada y nunca como la exacta.



Grandes errores pueden encontrarse en aquellas radiomarcaciones que cortan la costa bajo ángulos oblicuos. Si las marcaciones transmitidas por la estación R.G., vienen seguidas de la palabra "aproximada" o "segunda clase", se usarán con mucho tino, pues pueden estar sujetas a grandes errores.

Las ventajas de este método sobre el que el propio buque tome sus radiomarcaciones son las siguientes:

- 1) No necesita tener equipo R.G. a bordo.
- 2) No es necesario tener personal especializado que se ocupará en determinadas circunstancias; en cambio en tierra la estación está dedicada únicamente a esto y en consecuencia debe tenerlo; reduciendo con ello a un mínimo el error personal.
- 3) La estación terrestre tiene posición estable y en consecuencia el equipo está menos expuesto a deteriorarse que su similar a bordo.

La desventaja es que el buque debe comunicar y siendo deseable reducir a un mínimo el uso de la radiotelegrafía en tiempo de paz, en tiempo de guerra es imperativo, debido a que toda transmisión puede descubrir su presencia y aun su posición a un enemigo alerta.

Estudiando las ventajas y la desventaja se llega a la conclusión que para un buque es siempre ventajoso tener su propio R.G., puesto que lo puede utilizar, además, para detectar naves enemigas.

## 2º CASO, POR EL BUQUE

Si el equipo radiogoniométrico de un buque está debidamente calibrado, será una ayuda efectiva a la navegación ya que permitirá obtener radiomarcaciones a toda radioestación terrestre o de un buque cuya exacta situación geográfica se conozca. La lista de estas estaciones, se dijo, viene en el "Admiralty List of Wireless Signals", o bien en el Radio Navigational Aids, que transmiten a petición de aquellos que desean demarcaciones. En la costa de Chile debe usarse el Radioayudas a la Navegación del SHOA.

## 16) ELECCION DE LAS ESTACIONES

Deberá elegirse de acuerdo con lo siguiente:

- a) Estaciones costeras de preferencia a las estaciones interiores, debido a que tanto las alturas como las montañas afectan la onda.

b) Estaciones cercanas al buque, a menos de 40 millas si fuera posible.

c) Emplear de preferencia, estaciones que transmitan radioseñales a intervalos regulares, especialmente diseñadas para que sean radiomarcadas.

d) Use estaciones cuyas ondas no se propaguen en un ángulo muy cerrado con la costa.

## 17) USO DE LA TABLA Nº 1 DE BOWDITCH

La tabla puede ser usada para obtener el valor de la semiconvergencia y convertir en consecuencia rumbos loxodrómicos a los equivalentes círculos máximos, como una ortodrómica, o al revés, poder convertir radiomarcaciones (ortodrómicas) a líneas de marcación (loxodrómicas) susceptibles de ser trazadas en una carta Mercator. El signo que debe ser usado en cada marcación está indicado en la parte de abajo de la tabla. Pero el signo dado en la tabulación "se cambia" si la corrección está impresa en números itálicos.

La primera parte de la tabla proporciona la semiconvergencia para una diferencia de longitud no mayor de  $4^{\circ},5$  y para latitudes medias entre  $0$  y  $85^{\circ}$ , está destinada principalmente para ser usada en las conversiones de radiomarcaciones observadas cerca de la costa. En altas latitudes puede ser necesario usarla para la conversión de demarcaciones visuales a objetos a distancia considerable.

A esta parte de la tabla se entra como argumento con:

- a) La latitud media entre la nave y la Radioestación u objeto, y
- b) Con la diferencia de longitud entre esos dos puntos.

NOTA: No debe usarse esta parte de la tabla si las latitudes son de signo contrario; si la diferencia de la latitud es mayor de  $10^{\circ}$ , o si la diferencia de longitud es de más de  $4^{\circ},5$ .

Bajo algunas de las condiciones indicadas anteriormente, habrá que usar la segunda parte de la tabla en la forma que a continuación se indica:

Para esta parte, seleccione la página para la latitud cercana al punto de salida en el caso de una ortodrómica, o a la latitud del RECIBIDOR en el caso de radiomarcaciones.

En la página seleccionada se entra con los argumentos siguientes:



a) Diferencia de longitud (D Lo) entre los dos puntos en referencia, y

b) La latitud de llegada en el caso de una ortodrómica, o la latitud del transmisor en el caso de radiomarcaciones.

Para 0° de latitud de salida o del RECIBIDOR hay una Tabla; para todas las otras latitudes, está dividida en tablas de latitudes del mismo signo y de signo contrario.

Es interesante dejar establecido que la corrección de la semiconvergencia la hace en todo caso el buque y nunca la estación en tierra.

Téngase presente que, la Tabla N° 1 de Bowditch, sólo corrige la "semiconvergencia" y en ningún caso el "calibramiento" que es un error propio de la estación o equipo de radiogoniómetro, errores que tiene sus mínimos a bordo cuando la onda llega por la proa, popa o cuadra y sus máximos por las amuras y aletas.

#### 18) EJEMPLO DE CORRECCIONES DE UNA RADIODEMARCACION

Un buque en L = 32° 03' S y G = 74° 26' W, navegando en neblina demarca al radiofaro Punta Angeles de Valparaíso en L = 33° 02' S; G = 71° 42' W; al 114° verdadero. ¿Cuál será la demarcación que trazará en la carta?

|         |          |               |
|---------|----------|---------------|
| LR =    | 33°      | 02' S         |
| Le =    | 32°      | 03' S         |
| Lm =    | 32°,5    |               |
| Ge =    | 74°      | 26' W.        |
| GR =    | 71°      | 42'           |
| g =     | 02°      | 44'           |
| g =     | 02°,7    |               |
| g =     | 2°,7     |               |
| Lm =    | 32°,5 S. | 1/2 C = -0°,7 |
| Dv RG = | 114°,0   |               |
| 1/2 C = | -0°,7    |               |
| Dv =    | 113°,3   |               |

Recuerde que las demarcaciones tomadas con el radiogoniómetro son relativas y que para trabajar con ellas habrá primero que reducirlas a verdaderas.

#### 19) ESTACIONES RADIOGONIOMETRICAS PARA CALCULAR LA DISTANCIA

Algunos radiofaros circulares están sincronizados con una señal de sonido, submarina o aérea, o ambas.

Sabemos que las ondas Hertzianas y las sonoras tienen muy distinta velocidad y aunque sean transmitidas simultáneamente, se reciben aparte. La distancia del observador a la distancia transmisora es directamente proporcional al intervalo de tiempo entre el instante de recibir la radio señal y de oír el sonido característico. Señales distintas se usan para indicar los puntos de sincronización y en ciertos casos para dar distancia. Por ejemplo: si una señal submarina se sincroniza con un radiofaro; una serie de rayos con 1/4 segundo de intervalo, pueden transmitirse desde el radiofaro sincronizadamente; contando el número de rayos recibidos antes de oír la señal submarina, se tendrá la distancia en millas. Sin embargo, en la mayoría de los casos el navegante debe determinar el tiempo de trayecto y emplear un factor para deducir la distancia en millas.

En el caso de señales submarinas se multiplica el tiempo de trayecto en segundos por 0,8 obteniendo la distancia en millas.

En el caso de señal acústica aérea se multiplica por 0,2. Los resultados se obtienen con una aproximación de 10% de error debido a que la velocidad del sonido en el agua o en el aire, varía con una serie de factores, tales como temperatura, presión, humedad, salinidad.

| SUBMARINA             |                     | AEREA                 |                     |
|-----------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|
| INTERVALO<br>SEGUNDOS | DISTANCIA<br>MILLAS | INTERVALO<br>SEGUNDOS | DISTANCIA<br>MILLAS |
| 1                     | 0.8                 | 1                     | 0.2                 |
| 2                     | 1.6                 | 2                     | 0.4                 |
| 3                     | 2.4                 | 3                     | 0.6                 |
| 4                     | 3.2                 | 4                     | 0.8                 |
| 5                     | 4.0                 | 5                     | 1.0                 |
| 6                     | 4.8                 | 6                     | 1.2                 |
| 7                     | 5.6                 | 7                     | 1.4                 |
| 8                     | 6.4                 | 8                     | 1.6                 |
| 9                     | 7.2                 | 9                     | 1.8                 |
| 10                    | 8.0                 | 10                    | 2.0                 |
| 20                    | 16.0                | 20                    | 4.0                 |
| 30                    | 24.0                | 30                    | 6.0                 |

Mayores antecedentes e informaciones sobre todo lo relacionado con el radiogoniómetro, el navegante lo encontrará en el Manual de Navegación Vol. II, Pub. SHOA 3031.



### 9.38 EL RADAR DE NAVEGACION

Básicamente el radar (radio detection and ranging), es un instrumento que permite determinar distancias mediante la medición del tiempo que transcurre entre la emisión y el regreso de una señal electromagnética que ha sido reflejada hacia el receptor por un blanco, pudiendo también obtenerse demarcaciones.

Las ondas de radiofrecuencia están subordinadas a tres características fundamentales:

1º) Su velocidad es constante en una trayectoria recta y en un medio de propagación homogéneo.

2º) Pueden ser dirigidas en un sentido definido.

3º) Son reflejadas por objetos de cierta densidad.

Un equipo de radar además de su fuente de poder, consiste en las siguientes cinco partes principales.

1) El transmisor que es un oscilador de radiofrecuencia que genera pulsos cortos y poderosos.

2) El modulador que asegura que todos los sistemas trabajen entre ellos con una relación de tiempo bien definida.

3) La antena cuya función es recibir la energía de radiofrecuencia del transmisor, irradiar esta energía y recibir cualquier eco o reflexión de pulsos transmitidos y enviar éstos al receptor.

4) El receptor que amplifica la intensidad de los débiles ecos y los transforma en señales de video que traspasa al indicador.

5) El indicador que proporciona una presentación visual de las demarcaciones y distancias de los ecos que recibe el radar. El tipo de presentación empleada en un sistema básico de radar es el de PPI que esencialmente es un diagrama polar con el buque transmisor al centro.

En los radares de navegación se encuentran dos tipos de presentación que permiten indicar tanto la posición de los blancos en la pantalla como su movimiento.

a) Radares de movimiento relativo, que proporcionan el movimiento de un blanco en relación al movimiento del buque propio, pudiendo

orientarse con respecto a la proa o bien con respecto al norte verdadero, y

b) Radares de movimiento verdadero, que presentan tanto al buque propio como al resto de los móviles desplazándose por la pantalla de acuerdo a sus propios rumbos y velocidades.

Para conocer en forma más completa el funcionamiento, cuidados y usos del radar, se deberán consultar los textos e instrucciones especiales sobre estos equipos, toda vez que la exactitud en una situación obtenida por este sistema varía considerablemente según sea el tipo del instrumento y la capacidad, destreza y conocimiento del operador.

El radar es un complemento muy valioso de los métodos de navegación existentes, en especial en el pilotaje y en la prevención de los abordajes, al poder ser usado en la oscuridad o en malas condiciones de visibilidad; pero un análisis de sus ventajas y limitaciones ha determinado internacionalmente que el navegante no debe abandonar los métodos clásicos o convencionales.

#### VENTAJAS.

1) Puede ser usado de noche o en períodos de mala visibilidad, cuando otros instrumentos no son útiles.

2) Con frecuencia es más seguro que otros métodos de pilotaje y sus limitaciones en la exactitud pueden ser determinadas en cada equipo.

3) Obtención rápida de las situaciones. Mediante el PPI se puede tener una situación continua.

4) Utilizando un solo blanco puede obtenerse la situación por demarcación y distancia.

5) Puede emplearse a mayores distancias de la costa que los demás métodos de navegación costera.

6) Es un valioso auxiliar para prevenir colisiones en la mar, permitiendo desarrollar altas velocidades con relativa seguridad en períodos de mala visibilidad.

7) Puede emplearse para la localización y traqueo de tormentas tropicales.

8) Su utilización es segura aun cuando las comunicaciones por radio sean imposibles debido a interferencias.



### LIMITACIONES

1) Está expuesto a fallas mecánicas. El equipo requiere ajustes exactos y precisos para evitar errores.

2) Hay limitaciones en sus alcances máximo y mínimo.

El alcance máximo está limitado por la curvatura de la tierra y puede obtenerse al igual que un faro en la tabla 8 de Bowditch.

Además, está afectado por otros factores como son: frecuencia, largo del pulso, ancho del haz, sensibilidad del receptor, etc.

El alcance mínimo lo determina básicamente la longitud del pulso y también está afectada por otros factores como: retorno de mar, ecos de lóbulos laterales y ancho vertical del haz.

3) El radar puede ser poco útil, incierto o sin valor en determinadas condiciones atmosféricas. La lluvia, la nieve y en general las nubes pueden afectar el alcance.

4) A veces el radar puede ser menos seguro que los otros métodos de pilotaje. Por ejemplo, una demarcación visual será siempre más segura que una marcación radar.

5) No puede distinguir la naturaleza de los blancos pequeños. Un objeto pequeño capaz de

devolver un eco se ve en el radar lo mismo que otro.

6) Algunos tipos de objetos, según sean sus características puede que no sean detectados. Por ejemplo el hielo, las boyas, embarcaciones menores, etc.

7) Las cartas no dan siempre las informaciones necesarias para identificar los ecos. Debe tenerse cuidado con la costa baja y playas, como también con los objetos mayores que se interponen a los situados detrás de ellos.

8) Requiere la emisión de una señal desde el buque.

9) No es siempre fácil la interpretación presentada en la pantalla, aun después de un considerable entrenamiento.

Finalmente se advierte sobre la conveniencia de que el navegante debe conocer las recomendaciones que establece el Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes, que trata sobre el uso de las informaciones proporcionadas por el radar como ayuda para evitar colisiones en la mar.

Información más completa sobre el radar de navegación, el navegante podrá obtenerla en el Manual de Navegación, Vol. II, Pub. SHOA 3031.

## CAPITULO X

### ORTO Y OCASO DE ASTROS.

Concepto astronómico - Cálculo del orto y ocaso del sol -  
Aurora y crepúsculo - Orto y ocaso de la luna - Empleo del  
Almanaque Náutico - Duración y cálculo de la obscuridad -  
Tablas de salida y puestas de sol y luna en las costas  
de Chile

#### 10.00 CONCEPTO ASTRONÓMICO.

El momento en que el Sol sale o se pone, tiene importancia en navegación, debido a que, generalmente la hora que se pueden observar las estrellas con seguridad, está regulada por la hora del orto y ocaso de Sol. Asimismo; tiene especial importancia en algunas operaciones navales, en las que se necesitará saber las horas de luz y obscuridad con que se contará en una determinada noche.

En cosmografía se estudia en detalle el movimiento aparente de los astros de Este a Oeste, que se deriva del movimiento de rotación de la tierra de Oeste a Este sobre su eje.

En el caso particular del Sol, sabemos que tiene su altura máxima a mediodía verdadero, seguida comienza a bajar hasta llegar al horizonte en que se pone (ocaso). A medianoche verdadera cruza el meridiano celeste inferior con depresión máxima bajo el horizonte para salir (orto) por el Este.

El tiempo que un astro está "sobre" o "bajo" el horizonte depende de su Declinación y se denomina ARCO DIURNO el arco que recorre sobre el horizonte y NOCTURNO el que recorre bajo el horizonte. En el caso del Sol da lugar al día y a la noche.

Cuando el Sol tiene su declinación "cero" grados, el Sol está igual tiempo sobre el horizonte que bajo él, luego el día es igual a la noche.

Si la declinación tiene distinto signo que la latitud, el día es más corto que la noche.

Si la declinación tiene el mismo signo que la latitud, el día será más largo que la noche.

Si la declinación =  $90^\circ - L$  (como mínimo) y  $L$  y  $D$  son del mismo signo, veremos que el astro está todo el tiempo sobre el horizonte; o sea, no tiene arco nocturno para el observador en esa latitud. Estos astros se llaman "Circumpolares".

Si la declinación =  $90^\circ - L$ , pero de distinto signo  $L$  y  $D$ , el astro estará todo el tiempo bajo el horizonte; o sea, no tiene arco diurno para el observador en esa latitud. Estos astros se denominan "Invisibles".

Sabemos que el orto u ocaso verdadero, ocurre cuando el centro de un astro está en el plano del horizonte verdadero del observador, al E. o W. respectivamente del meridiano celeste, momento que la "altura verdadera es cero grado".

La hora en que el centro de un astro, supongamos el Sol, cruza el plano del horizonte verdadero en el orto u ocaso, se puede calcular matemáticamente, como se sabe, por la fórmula trigonométrica:



$\cos P = -\operatorname{tg} L \cotg \Delta$ ; en que  $\Delta$  distancia polar. Empleando una declinación para Hzl 0600 o Hzl 1800, según sea el orto u ocaso el que se desea calcular, obtendremos el valor de  $P$  al minuto de tiempo, el que aplicado a la Hora zona (Hz) de la culminación, nos dará la hora del orto u ocaso verdadero del Sol. En los demás astros habrá que corregirle el retardo por "aceleración" en las estrellas y, por aumento en "ascensión recta" en la luna.

De esta manera, el valor de  $P$  será mayor de 6 horas si  $L$  y  $D$  son del mismo signo, y menor de 6 horas si son de distintos signos. En caso que  $L$  o  $D$  sea igual a  $0^\circ$ , el  $P$  será de 6 horas.

Cuando los astros sean circumpolares o invisibles no tendrán orto ni ocaso.

La horas del orto y ocaso de las estrellas se adelantan de un día a otro en 4 minutos aproximadamente.

El cálculo del orto y ocaso verdadero, no tiene mayor aplicación en la práctica, en cambio lo tiene el orto u ocaso "visible o de la mar" que ocurre cuando el "limbo" superior del Sol o luna tangentea el horizonte de la mar o visible del observador en su orto u ocaso. Veremos más adelante que sólo el centro de la luna está prácticamente en el plano del horizonte verdadero en ese instante debido a los efectos combinados de la refracción, paralaje, semidiámetro y depresión del horizonte. Si el astro es el Sol, planeta o estrella, predomina en general el efecto de la refracción, resultando que al aparecer o desaparecer el astro en el horizonte, la altura verdadera del centro es "negativa".

De acuerdo con lo anterior, al orto y ocaso visible del Sol, la altura observada referida al "limbo superior" es "cero".

Veamos la altura verdadera que tiene el Sol en ese instante para un observador, sin elevación de ojo, y un semidiámetro de  $16'$ .

$$\begin{array}{rcl} \text{Ao } \odot & = & 00^\circ \ 00',0 \\ \text{Refrac} & = & - \ 35',4 \\ \text{Aref. } \odot & = & -00^\circ \ 35',4 \\ \frac{1}{2} d & = & -16',0 \\ \text{Av } \odot & = & -00^\circ \ 51',4 \end{array}$$

La distancia zenital verdadera es, por consiguiente,  $90^\circ \ 51'$ , y el centro del Sol está más o menos un grado bajo el horizonte verdadero, cuando el limbo superior tangentea el de la mar.

Por esta razón el orto "visible" se adelanta al verdadero y el ocaso ocurre "después"; en consecuencia el arco diurno aumenta a expensas del nocturno; en otras palabras el día se alarga.

Pero en la luna, cuyo paralaje es considerable, dicha  $\text{Av}$  es casi nula. En efecto:

$$\begin{array}{rcl} \text{Ao } \odot & = & 00^\circ \ 00',0 \\ \text{Ref} & = & -35,0 \\ \text{Aref. } \odot & = & -00 \ 35',0 \\ \frac{1}{2} d & = & -16',0 \quad (\text{valor medio}) \\ \text{Paralaje} & = & + \ 57,0 \\ \text{Av } \odot & = & +00^\circ \ 06',0 \end{array}$$

Es decir; que el orto u ocaso visible o aparente de la luna coincide, prácticamente con su orto u ocaso verdadero. Para determinar la hora en que ocurre el orto u ocaso visible del Sol, es necesario considerar ahora que el lado Zenit-Astro (ZA) del triángulo de posición es ahora  $90^\circ \ 51',4$  (distancia zenital) lo que viene a complicar la solución sencilla del verdadero.

Para evitarse el cálculo trigonométrico, ya que en la práctica no se necesita una gran exactitud en esta hora, el Almanaque Náutico trae tabulada la "Hora Media de Greenwich" del orto y ocaso "visible" del Sol para cada día central de cada página de la derecha.

Entrando al Almanaque Náutico con la latitud Norte o Sur y la fecha, nos da, en su mitad superior, la "Hora Media" del orto del Sol (Sunrise) para el día central; y en su mitad inferior la hora media del ocaso del Sol (Sunset) para el día central. Estimándose que es una exactitud suficiente para los fines de navegación, emplear el mismo valor para los tres días en el caso del Sol.

#### 10.01 CALCULO DE LA HORA DEL ORTO Y OCASO DEL SOL POR ALMANAQUE NAUTICO.

El Almanaque da la "Hora Media" del orto u ocaso "para el meridiano de Greenwich". Esta hora también es exacta para la Hml de cualquier otro meridiano, siempre que se emplee la misma latitud y declinación para resolver el triángulo de posición; pero la declinación del Sol varía durante el transcurso del día, debido a lo cual resulta una pequeña diferencia diaria, de uno o dos minutos en la hora. En consecuencia, la hora que suministran las tablas del Almanaque Náutico es sólo aproximada para cualquier otro meridiano que no sea el de Greenwich. Sin embargo, esta pequeña diferencia no se toma en cuenta y en



la práctica se ha hecho costumbre considerar la hora que proporciona el Almanaque Náutico como la Hora Media de cualquier Meridiano (Hml.).

Una vez obtenida la Hml del orto u ocaso del Almanaque, se le combina con la Longitud (G) para obtener la HmGr a la que le aplicamos la zona con su signo cambiado para obtener la Hora zona (Hzl) del orto y ocaso.

Ejemplo.

Calcular la Hzl del orto y ocaso del Sol el 25 de Abril de 1978 en  $L = 33^{\circ} 02' S$ .  $G = 71^{\circ} 40' W$ .  $Zh + 4$

ORTO SOL (SUN RISE).

|                       | h. | m.                         |
|-----------------------|----|----------------------------|
| Hml orto $\odot =$    | 06 | 25,0 (L $30^{\circ} S$ .)  |
| co lat $=$            |    | +04,0                      |
| Hml or $\odot$ co $=$ | 06 | 29,0 (L. $33^{\circ} S$ .) |
| G $=$                 | 04 | 46,7 W                     |
| Hm Gr Orto $\odot =$  | 11 | 15,7                       |
| Zh $=$                | 04 | 00,0                       |
| Hzl orto $\odot =$    | 07 | 15,7                       |

OCASO SOL (SUN SET).

|                        | h. | m.     |
|------------------------|----|--------|
| Hml ocaso $\odot =$    | 17 | 30,0   |
| co lat $=$             |    | -04,0  |
| Hml ocaso co $\odot =$ | 17 | 26,0   |
| G $=$                  | 04 | 46,7 W |
| Hm Gr ocaso $\odot =$  | 22 | 12,7   |
| Zh $=$                 | 4  | 00,0   |
| Hzl ocaso $\odot =$    | 18 | 12,7   |

La interpolación para la corrección latitud puede hacerse, en la forma usual aritmética; o bien usando la Tabla I del Almanaque náutico.

Esta tabla da la corrección por diferencia de latitud que se le hace a la Hml del orto u ocaso del Sol o Luna y a los crepúsculos. Cuando la latitud del lugar no está exactamente tabulada en el almanaque, es decir, que si la latitud con que se está trabajando, es, por ejemplo,  $12^{\circ} S$  veremos que en el almanaque está tabulada para  $10^{\circ} S$  y  $20^{\circ} S$ . En estas circunstancias se entra "siempre" al almanaque con la latitud más próxima menor a la del lugar, en el presente caso  $10^{\circ} S$ , pues la Tabla I del almanaque que da corrección por la diferencia de latitud, está confeccionada para usarla en esa forma.

La Tabla I está compuesta de dos partes. La primera al lado izquierdo denominada "Inter-

valo Tabular" y la segunda a la derecha "Diferencia entre el tiempo para latitudes consecutivas". Con estos elementos, se obtiene la corrección que corresponde aplicar a la Hml obtenida del almanaque; para obtener la Hml correspondiente a la latitud del lugar.

## 10.02 USO DE LA TABLA I DEL ALMANAQUE NAUTICO. (corrección por latitud).

Para usar la Tabla se procede en la forma siguiente:

1º) Determine la diferencia entre la latitud con que se entró al almanaque y la latitud tabulada inmediatamente superior ( $10^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$  o  $2^{\circ}$  de diferencia).

2º) Determine la diferencia entre la latitud del lugar y la latitud con que entró al almanaque.

3º) Determine la diferencia de tiempo que hay entre las horas indicadas para las latitudes mencionadas en el párrafo 1º.

4º) Entre en la parte "Intervalo Tabular" y seleccione la columna  $10^{\circ}$ ,  $5^{\circ}$  o  $2^{\circ}$  que haya determinado conforme al párrafo 1º.

5º) En la columna anteriormente determinada, tome como argumento la "diferencia de latitud" obtenida en el párrafo 2º, y encuadre este argumento con la diferencia de tiempo del párrafo 3º, obteniendo la corrección que debe hacerse por latitud.

6º) Súmele o réstele esta corrección a la Hora Media del lugar sacado del almanaque según aumente o disminuye las horas con la latitud, y obtendrá la Hml para la latitud del lugar.

## 10.03 AURORA Y CREPUSCULO.

Se llama aurora a la claridad intermedia que precede al orto de Sol, y crepúsculo a la luz difusa que sigue al ocaso del Sol.

Ambas se deben a la presencia de la atmósfera que hace que los rayos solares sean reflejados sobre la tierra cuando el Sol está bajo el horizonte, debido a que las capas superiores de ellas continúan recibiendo luz solar por cierto tiempo.

Se admite que la Aurora comienza y el Crepúsculo termina cuando el Sol está 18 grados bajo el horizonte verdadero.



Como la luz crepuscular va haciéndose a cada momento más y más débil desde el instante del ocaso visible hasta ser nula cuando está a 18 grados bajo el horizonte, el crepúsculo se ha dividido en:

| HORA                   | DEPRESION DEL SOL |
|------------------------|-------------------|
| Orto ú ocaso           | 50'               |
| Crepúsculo civil       | 6°                |
| Crepúsculo náutico     | 12°               |
| Crepúsculo astronómico | 18°               |

"CREPUSCULO CIVIL", es el lapso crepuscular durante el cual pueden efectuarse operaciones de la vida diaria sin necesidad de la luz artificial. Comienza o termina, cuando el centro del Sol está 6 grados bajo el horizonte verdadero hasta que se produce su orto u ocaso visible, 50' de depresión.

"CREPUSCULO NAUTICO", es el lapso crepuscular entre los 6 y 12 grados de depresión del centro del Sol y durante él pueden observarse las estrellas de primera magnitud, debido a que el horizonte de la mar es perfectamente visible para una buena observación.

"CREPUSCULO ASTRONOMICO", es el lapso crepuscular comprendido desde el instante que el Sol tiene 12° de depresión desde su centro hasta o desde que esté a 18 grados bajo el horizonte verdadero, en cuyo momento comienza o termina la obscuridad absoluta con respecto al Sol.

#### 10.04 DURACION DEL CREPUSCULO.

El crepúsculo matutino (Aurora) ya sea civil, náutico o astronómico, comienza en el instante que el centro del Sol está en la depresión correspondiente bajo el horizonte verdadero y termina en el momento del orto visible.

Los crepúsculos vespertinos empiezan con el ocaso visible y terminan cuando el centro del Sol alcanza la depresión requerida.

La duración del crepúsculo varía con la latitud del lugar y la declinación del Sol.

Si el paralelo de declinación del Sol no alcanza los 18 grados bajo el plano del horizonte verdadero, el crepúsculo astronómico no tiene término, lo que sucede cuando la latitud y declinación son del mismo signo y su suma excede de 72° (90° - 18°).

Si consideramos el Sol con una  $D = 23^\circ S$  se verá que si la  $D + L = 72^\circ$  el astro recorrerá un

paralelo que alcanza una depresión bajo el horizonte verdadero de 18 grados que es el límite del crepúsculo astronómico, luego no habrá término. Esto sucederá en Latitud  $49^\circ S$ , puesto que  $23^\circ S + 49^\circ S = 72^\circ$ .

Si aumentamos la latitud el polo se eleva más sobre el horizonte y en consecuencia el paralelo de declinación se acercará al plano del horizonte, y con mayor razón entonces no habrá término del crepúsculo astronómico, y cuando alcance 12° de depresión al crepúsculo náutico no tendrá término.

Lo mismo ocurrirá con el crepúsculo civil cuando alcance una depresión de 6 grados, lo que sucede en Latitud  $61^\circ S$  siempre que la  $D = 23^\circ S$ ; puesto que

$$D + L = 90 - 6$$

$$L = (90 - 6) - D = 61^\circ S.$$

Si continuamos aumentando la latitud, el paralelo de declinación más se irá acercando al plano del horizonte verdadero y cuando éstos coincidan el Sol no se pondrá.

En el Hemisferio Sur la mínima latitud que esto ocurra la determina la máxima declinación. En efecto:

$$D + L = 90$$

$$L = 90 - D.$$

$$L = 90^\circ - 23^\circ = 67^\circ S$$

es decir que corresponde al complemento de la Declinación.

Por una razón similar podremos decir que el crepúsculo náutico dura toda la noche en Latitud  $55^\circ S$  puesto que

$$D + L = 90^\circ - 12^\circ$$

$$D + L = 78^\circ$$

$$L = 78^\circ - 23^\circ = 55^\circ$$

Estos límites van variando a medida que varía la declinación, e igualmente son aplicables en las Latitudes Norte.

La duración del crepúsculo depende del lapso que el Sol demora en recorrer el arco entre el orto ú ocaso hasta que esté 6, 12 o 18 grados bajo el horizonte según se trate del crepúsculo civil, náutico o astronómico respectivamente. Luego esta duración depende del ángulo con que incide el plano de su paralelo de declinación con el del horizonte. Si el ángulo es pequeño, como sucede en las altas latitudes, la duración del crepúsculo



es muchísimo más larga comparada con el de las latitudes bajas, donde el ángulo es grande. En los trópicos es alrededor de una hora comúnmente; pero en Latitud 52° S, por ejemplo, dura toda la noche a mediados del verano.

La duración del crepúsculo se obtiene fácilmente de las tablas del almanaque náutico por la diferencia entre la hora del ocaso visible y la del término del crepúsculo; o bien, entre el comienzo de la aurora y el orto visible.

#### 10.05 CALCULO DE LA HORA DEL COMIENZO DE LA AURORA Y TERMINO DEL CREPUSCULO.

Así como en la hora del orto y ocaso visibles, no se necesita una exactitud extremada, en las del comienzo y término del crepúsculo se aceptan las mismas condiciones.

Para calcular la hora del comienzo de la aurora y término del crepúsculo, el Almanaque Náutico trae tablas que dan el comienzo del crepúsculo matutino y el término del vespertino para cada día central, de la página de la derecha, en función de la latitud. Su uso es similar a las del orto y ocaso.

En la parte superior de la tabla están las horas del crepúsculo matutino, tanto náutico como civil (Twilight Naut, civil). Entrando con latitud del lugar, o la más próxima menor si no hay exacta, se saca directamente la hora media del lugar del comienzo de la aurora (náutico o civil según se desee). Se interpola para los grados de latitud no considerados, para obtener la hora en la latitud del lugar. Con la G. transforma la Hml en Hm Gr y aplicándole a ésta la zona se obtiene la Hora Zona del comienzo de la aurora.

Para obtener la hora del término del crepúsculo vespertino se entra a la tabla que está a continuación de la primera y se opera en la misma forma anterior. Tenga cuidado que el orden de la columna Naut - civil, están en esta parte invertido (civil - Naut).

#### EJEMPLO.

Calcular la hora del comienzo de la aurora y término del crepúsculo náutico para un lugar de latitud 12° 05' Sur Longitud 77° 11' Weste el día 17 de julio de 1978 Zh + 5.

#### AURORA — 17 JUL.

|                | h.  | m.                  |
|----------------|-----|---------------------|
| Hml aur ☉ =    | 05  | 30.0 (L. 10° S.)    |
| co lat =       |     | +02.9               |
| Hml aur ☉ co = | 05  | 32.9 (L. 12°, 1 S.) |
| G =            | 05  | 08.7 W.             |
| HmGr aur ☉ =   | 10  | 41.6                |
| Zh =           | -05 | 00.0                |
| Hzi aur ☉ =    | 05  | 41.6                |

#### CREPUSCULO — 17 JULIO

|                 |     |         |
|-----------------|-----|---------|
| Hml crep ☉ =    | 18h | 42,0m   |
| co Lat. =       |     | -2,9    |
| Hml crep ☉ co = | 18  | 39,1    |
| G =             | 05  | 08,7 W. |
| Hm Gr crep ☉ =  | 23  | 47,8    |
| Zh =            | -05 | 00,0    |
| Hzi crep ☉ =    | 18h | 47,8m   |

Para interpolar por latitud puede usarse la Tabla I del Almanaque tal como se explicó en el párrafo 10.02 o bien haciéndolo aritméticamente, el resultado es el mismo.

En las columnas orto y ocaso del Sol y de la luna en el almanaque náutico, vienen los signos que siguen cuyo significado es:

☐ El Sol (o la luna) no se pone, está siempre sobre el horizonte, es circumpolar.

■ El Sol (o la luna) no tiene orto, está siempre bajo el horizonte, es invisible.

//// El crepúsculo dura toda la noche.

#### 10.06 ORTO Y OCASO DE LA LUNA.

El problema de determinar la hora del orto y ocaso de la Luna tiene muchísima importancia en relación con el elemento visibilidad en determinadas operaciones navales.

La hora del orto y ocaso de la Luna pueden calcularse resolviendo el triángulo de posición (PZA), en forma similar a lo que hemos visto para el Sol; pero el cálculo con la Luna se complica debido a que la Declinación y la Ascensión Recta de ésta varían rápidamente y se haría necesario ir al método de aproximaciones sucesivas para obtener estos elementos en el instante de su orto y ocaso.

Para evitar el inconveniente señalado, el almanaque náutico trae tabuladas la horas del orto (moonrise) y ocaso (moonset) de la Luna para



un observador en Greenwich, sin elevación del ojo, en el instante en que el limbo superior tangentea el horizonte visible. En este instante la altura verdadera de la Luna referida al centro, vimos anteriormente que era 6'. En consecuencia cuando el limbo superior de la Luna tangentea el horizonte visible su centro está aproximadamente en el plano del horizonte verdadero.

#### 10.07 CALCULO DEL ORTO Y OCASO DE LA LUNA POR ALMANAQUE NAUTICO

Vimos anteriormente que el Almanaque Náutico da el orto y ocaso del Sol para el día central de cada página (hay 3 días en cada página). Pero en el caso de la Luna, las horas del orto y ocaso han sido confeccionadas para cada día del año, figurando cuatro días en cada página del Almanaque. La razón de esto se debe a que la Luna recorre su órbita en aproximadamente un mes, en cambio el Sol la recorre en un año.

El Almanaque Náutico da la "HORA MEDIA" exacta de los sucesos para el observador en el meridiano de Greenwich. Esta hora es, asimismo, la Hml aproximada del orto y ocaso de la Luna para todo otro observador situado fuera del meridiano de Greenwich, pero para tener la hora

La corrección que llamaremos por longitud, se determina así:

$$\text{Co G} = \frac{\text{Longitud en grados y décimos}}{360}$$

o bien:

$$\text{Co G} = \frac{\text{Longitud en horas y décimos}}{24}$$

#### EJEMPLO.

Calcular el orto y ocaso de la Luna el día 20 de agosto de 1978 en un lugar de latitud 33° 02' S, longitud 71° 40' W y Zona + 4.

#### ORTO LUNA (MOON RISE)

|                      |       |                   |
|----------------------|-------|-------------------|
| Hml orto $\angle$    | = 20h | 07.0m (L. 30° S)  |
| co Lat.              | =     | 0.0               |
| Hml orto $\angle$    | = 20  | 07.0 (Lat. 33° S) |
| co Gw                | = +   | 12.3              |
| Hml orto $\angle$ co | = 20  | 19'.3             |
| G                    | = 04  | 46.7 W            |
| Hm Gr orto $\angle$  | = 01  | 06'.0 (21 AGO.)   |
| ZONA                 | = 04  | 00.0              |
| Hzl orto $\angle$    | = 21h | 06'.0 (20 AGO.)   |

exacta debemos corregirla del movimiento en ascensión recta de acuerdo con la longitud (G).

a) Cuando el observador está en longitud W esta corrección se SUMA a la Hm que da el Almanaque Náutico para obtener la Hml del orto u ocaso. La DIFERENCIA DIARIA se toma entre el DIA CONSIDERADO y el SIGUIENTE.

b) Cuando la longitud es E, la corrección se RESTA a la Hm que da el Almanaque para obtener la Hml del orto u ocaso. La DIFERENCIA DIARIA se saca entre el DIA CONSIDERADO y el ANTERIOR.

c) El producto de la fórmula anteriormente mostrada para calcular la corrección por longitud, puede obtenerse rápidamente usando la Tabla II para longitud, del Almanaque Náutico (página amarilla XXXII), cuyo uso tiene las mismas reglas enunciadas en "a" y "b" tanto para entrar a la Tabla como para aplicar la corrección.

d) Cuando la latitud del lugar no está exactamente tabulada en el Almanaque Náutico, deberá interpolarse por latitud, por el procedimiento aritmético o usando la Tabla I del Almanaque Náutico en la forma explicada en los párrafos 10.01 y 10.02.

X (Diferencia diaria en minutos de tiempo).

X (Diferencia diaria en minutos de tiempo).

#### OCASO LUNA (MOON SET)

|                       |       |                    |
|-----------------------|-------|--------------------|
| Hml ocaso $\angle$    | = 07h | 46.0m (Lat. 30° S) |
| co Lat.               | = +   | 00.6               |
| Hml ocaso $\angle$    | = 07  | 46.6 (Lat. 33° S)  |
| co Gw                 | = +   | 7.6                |
| Hml ocas. $\angle$ co | = 07  | 54.2               |
| G                     | = 04  | 46.7 W             |
| Hm Gr ocas. $\angle$  | = 12  | 40.9               |
| Zh                    | = 04  | 00.0               |
| Hzl ocaso $\angle$    | = 08h | 40'.9 (20 AGO.)    |

### 10.08 CALCULO DE LA OSCURIDAD

Estando en conocimiento de los métodos para calcular la hora del comienzo de la aurora, término del crepúsculo vespertino, orto y ocaso de la Luna; podremos combinarlos y obtener las horas entre las cuales el Sol y la Luna estarán bajo el horizonte visible; es decir, podremos determinar las horas de oscuridad absoluta en una noche determinada.

Con el objeto de no hacer cálculos innecesarios, antes de iniciarlos, es conveniente ver en el Almanaque Náutico la "Hora del tránsito de la Luna por el meridiano de Greenwich" para el día indicado, elemento que nos permitirá formarnos un concepto de lo que necesitamos calcular para obtener las horas de oscuridad absoluta, puesto que todo astro nace o se pone 6 horas antes o después, aproximadamente, de estar en el meridiano.

Por ejemplo: Si el Almanaque Náutico dice que la Luna cruza el meridiano de Greenwich a las 16.05 horas de un cierto día; hora que hemos aceptado como Hml aproximada del cruce, es claro que su ocaso será alrededor de las 22.00 horas, de donde se deduce que para obtener las horas entre las cuales hay oscuridad, debemos calcular la hora del ocaso de la Luna del día considerado y el comienzo de la aurora del otro día. En cambio si la Luna lo cruzara a las 11.00 horas, se debe calcular el término del crepúsculo del día considerado y el orto de la Luna del día siguiente.

Ejemplo:

Se desea saber entre que horas habrá oscuridad absoluta en la noche del 13 al 14 de mayo de 1978 en Latitud 25° S, G = 80° W y Zona + 5.

Del Almanaque se obtiene que la Hmlp  $\odot$  ml = 17h 00m del 13 de mayo, luego sólo se necesita calcular la hora ocaso Luna el 13 de mayo y la hora comienzo de la aurora el 14 de mayo.

#### AURORA SOL 14 MAYO

|                   |       |                   |
|-------------------|-------|-------------------|
| Hml aur $\odot$   | = 05h | 31.0m (L. 20° S.) |
| co Lat            | = +   | 6.0               |
| Hml aur $\odot$   | = 05  | 37.0 (L. 25° S.)  |
| G                 | = 05  | 20.0 W.           |
| Hm Gr aur $\odot$ | = 10  | 57.0              |
| Zh                | = 05  | 00.0              |
| Hzi aur $\odot$   | = 05h | 57.0 (14 Mayo)    |

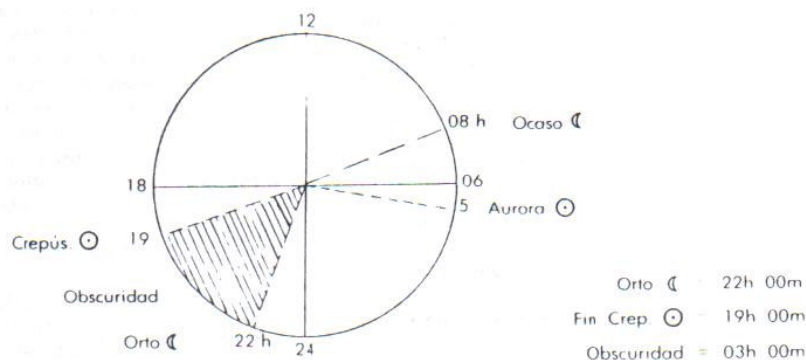
#### OCASO LUNA 13 MAYO.

|                     |       |                     |
|---------------------|-------|---------------------|
| Hml ocaso $\odot$   | = 22h | 49.0 (L. 20° S)     |
| co La               | = -   | 6.5 m               |
| Hml ocaso $\odot$   | = 22h | 42.5 (L. 25° S)     |
| co Gw               | = +   | 11.3                |
| Hml ocaso $\odot$   | = 22h | 53.8                |
| G                   | = 05  | 20.0 W              |
| Hm Gr ocaso $\odot$ | = 04  | 13.8 (14 de Mayo)   |
| Zh                  | = 05  | 00.0                |
| Hzi ocaso $\odot$   | = 23h | 13.8 m (13 de Mayo) |

Hay oscuridad completa desde las 23h 13.8m del 13 de mayo hasta las 05h 57.0m del 14 de mayo.

#### EJEMPLO DE DIAGRAMA

En caso de dudas sobre el lapso que habrá oscuridad absoluta, es conveniente hacer un diagrama donde se marquen las horas en que se producen el fin del crepúsculo vespertino, el comienzo de la aurora y el orto y el ocaso de la Luna. Con ello se determinará gráficamente el sector oscuro.





## 10.09 TABLAS SHOA DE SALIDAS Y PUESTAS DE SOL Y LUNA

La publicación SHOA N° 3009 "Tablas de Marea de la Costa de Chile", contiene las siguientes tablas:

### a) Salidas y puestas de Sol en Valparaíso.

Los valores de esta tabla se indican diariamente para el año considerado y se expresan en hora oficial de Chile ( $Z + 4$ ).

### b) Salidas y puestas de Luna en Valparaíso.

Se indican estos valores diariamente para el año considerado y se expresan en hora oficial de Chile ( $Z + 4$ ).

### c) Salidas y puestas de Sol en diferentes latitudes ( $15^{\circ}$ S a $70^{\circ}$ S).

Indica sus valores diariamente para el año considerado y han sido calculados para el meridiano  $60^{\circ}$  W, de tal manera que para obtener la hora oficial de la salida y puesta de Sol en

cualquier lugar que no se encuentre en este meridiano, deberá corregirse la diferencia entre la longitud de lugar y la del meridiano  $60^{\circ}$  W. Esta diferencia se suma si el lugar está al W del meridiano  $60^{\circ}$  W y se resta si está al E.

### d) Salidas y puestas de Luna.

Da estos datos diariamente para el año considerado en hora oficial de Chile ( $Z + 4$ ) y han sido calculados para el meridiano del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Pilar A de observación cuyas coordenadas geográficas son:

$$\begin{aligned} L &= 33^{\circ} 01' 32,7'' \text{ S.} \\ G &= 71^{\circ} 38' 27,9'' \text{ W.} \\ &= 04\text{h } 46\text{m } 33,86 \text{ seg. W.} \end{aligned}$$

Los valores que se indican en las tablas son para las latitudes de  $20^{\circ}$  S,  $40^{\circ}$  S y  $53^{\circ}$  S que corresponden a los puertos de Iquique, Corral y Punta Arenas respectivamente.

NOTA. A pesar de que los cálculos son sencillos, se recomienda al navegante imponerse detalladamente de las instrucciones contenidas en la Pub. N° 3009.

## CAPITULO XI

### IDENTIFICACION DE ASTROS.

Necesidad de la identificación - Magnitud de las estrellas y diferencias con los planetas - Constelaciones - Osa Mayor, Orión y Cruz del Sur - Sistema práctico y otros métodos de identificación - Tablas de Lockerson - Globo estelar.

Almanaque Náutico - Identificador H.O. 2102 D.

Distancias angulares - Tablas H.O. 214 y 229.

#### 11.00 NECESIDAD DE LA IDENTIFICACION.

Siempre que el navegante observa o demarca un astro, debe estar en condiciones de identificarlo, pues ello le será imprescindible en el cálculo de la situación de la nave o en el cálculo del desvío del compás.

El navegante está obligado a familiarizarse con la posición de los astros en el cielo, y debe saber reconocer rápidamente los más notables, basándose en las posiciones relativas entre ellos. Esto es fácil cuando el cielo está despejado, pero cuando está nublado y se ve una que otra estrella, entonces la identificación se complica. Lo mismo sucede cuando se observa durante el lapso crepuscular, en que las estrellas no se ven todas simultáneamente, sino que de acuerdo a su magnitud y a la posición con respecto a la luz crepuscular, entonces el sistema de ubicarlas por sus posiciones relativas se hace inoperante, y hay necesidad de aplicar otros métodos, que veremos más adelante, para saber cual fue la estrella observada o demarcada.

#### 11.01 MAGNITUD DE LAS ESTRELLAS.

Las estrellas se clasifican de acuerdo a su brillo en estrella de 1ª, 2ª, 3ª, 4ª, etc., magnitud hasta los 23ª, que es el límite observable con instrumentos ópticos.

Debe entenderse que la magnitud de una estrella no se refiere a su tamaño, sino a su brillo aparente el cual depende a un mismo tiempo del brillo real y de la distancia a que está la estrella de la tierra.

La estrella de 6ª magnitud, es aquella que aún es visible a simple vista. La podemos considerar como el origen de las magnitudes, ya que las de primera magnitud son aquellas que tienen 100 veces más brillantez que las de 6ª.

Este ordenamiento establece que las de 2ª magnitud son aquellas que tienen 100 veces más brillantez que las de 7ª, y una de 3ª magnitud corresponde a la estrella que tiene 100 veces más brillantez que la de 8ª magnitud y así sucesivamente.

De la misma manera una estrella 100 veces más brillante que la 5ª magnitud, tendrá magnitud "cero"; y la que tenga 100 veces más brillantez que una de 4ª será clasificada con la magnitud negativa 1 (-1).

Según este sistema el Sol tiene -26,7 y la Luna -12,5. Puede apreciarse que las magnitudes negativas tienen mayor brillantez.

En la práctica se consideran:



De 1ª magnitud las estrellas comprendidas entre magnitud  $-1,6$  y  $+1,5$ .

De 2ª magnitud las comprendidas entre  $+1,6$  y  $+2,5$ .

De 3ª magnitud las comprendidas entre  $+2,6$  y  $+3,5$ .

De 4ª magnitud las comprendidas entre  $+3,6$  y  $+4,5$  y así sucesivamente.

De éstas, las más utilizadas en navegación son las de 1ª y 2ª magnitud. Como regla general diremos que toda estrella de una determinada magnitud brilla para nosotros 2,5 veces más o 2,5 veces menos que su inmediata superior o inferior. Es decir que, por ejemplo, una estrella de 2ª magnitud es dos veces y media más brillante que una de 3ª magnitud y es dos veces y media menos brillante que una de 1ª magnitud.

No deben confundirse los conceptos mencionados con el de "luminosidad" de una estrella, que es la relación entre la cantidad total de luz emitida por la estrella y la que emite el sol.

El Almanaque Náutico en las páginas finales, trae los datos de SHA y Declinación para cada mes, de una lista de 173 estrellas donde figuran todas hasta las de 3ª magnitud. Asimismo, incluye en las páginas diarias los datos de una lista de 57 estrellas de 1ª y 2ª magnitud denominada "selected stars" y que figuran por orden alfabético.

#### 11.02 DIFERENCIAS ENTRE ESTRELLAS Y PLANETAS.

Las estrellas se ven como puntos luminosos, brillan con luz propia a través de inmensas distancias. La estrella más cercana, Rigel Kent, está a 40 Billones de Kilómetros. La luz de las estrellas es centelleante debido a la refracción atmosférica, el que produce una especie de movimiento oscilatorio continuo, por lo que el observador nunca las ve con luz constante, recibiendo la impresión de que aparecen y desaparecen con extrema rapidez y que cambian de color. Este fenómeno es mucho más acentuado cuando la estrella está cerca del horizonte y el aire muy agitado. También es probable que este fenómeno se deba a la desigual refracción de la luz en las diferentes capas de la atmósfera, las que debido a la rotación terrestre, pasan con gran rapidez por el espacio existente entre la estrella y el observador.

Los planetas aparecen con contornos definidos como discos, están relativamente cerca de la tierra y brillan con luz fija, reflejada desde el Sol.

Los planetas "no" centellean, estos no se ven como los puntos luminosos estelares; sino que aparecen con diámetro suficiente como para neutralizar los efectos provenientes de los distintos puntos luminosos de su superficie.

Sólo cuatro planetas son suficientemente brillantes para ser empleados en navegación, ellos son:

Venus. Fácilmente se le identifica por su gran resplandor. Su magnitud es variable pudiendo tomarse una media de  $-3,4$ .

Marte. De color rojizo, su magnitud varía entre  $-2,8$  y  $+1,7$ .

Júpiter. De color blanco dorado, su magnitud varía entre  $-2,5$  y  $-1,4$ . Le sigue en brillantez a Venus.

Saturno. De color amarillo ámbar, su magnitud varía entre  $+0,3$  y  $+1,1$ .

Los elementos, datos y la posición de estos planetas con respecto al Sol y estrellas, vienen tabulados e indicados para cada año en el Almanaque Náutico.

Si están a la vista, simultáneamente, dos planetas, pueden reconocerse, mediante sus ascensiones rectas; estará más al Este el de menor AHG lo que se determinará mediante el Almanaque Náutico.

Como los planetas varían su posición en la esfera celeste, es conveniente situarlos en las cartas estelares y en los demás sistemas de identificadores, por medio de sus coordenadas equinocciales, AR y D, cada vez que se haga a la mar en navegación de altura, e ir verificando su posición frecuentemente. Téngase presente que el Almanaque Náutico no da la AR y para deducirla es necesario aplicar la ecuación siguiente:

$AR = AHG \mp -AHG$  (del astro) sumándole  $360^\circ$  al AHG  $\mp$  si fuera necesario. Tómese ambos elementos para HmGr = 00.00 horas de un mismo día.

#### 11.03 CONSTELACIONES.

En la antigüedad las estrellas fueron distribuidas en grupos que tomaron el nombre de "Constelación". Los antiguos encontraron que, estos

grupos o constelaciones formaban figuras que tenían cierta semejanza con objetos, animales o instrumentos que les eran familiares y les asignaron sus nombres. Estos nombres perduran hoy día; pero, en realidad, el parecido entre la constelación y el objeto que le dio el nombre es tan remota que a veces no se encuentra ninguna relación entre ellos.

Además de agrupar las estrellas en constelaciones, se clasificaron en magnitud de acuerdo a su mayor o menor brillo. Las más brillantes fueron llamadas de 1ª magnitud y de 6ª aquellas "aún visibles a simple vista".

Cada estrella tiene el nombre de la constelación a que pertenece y además una letra griega o romana que la clasifica dentro del grupo. La más brillante de cada constelación se denomina por la letra griega  $\alpha$ , la que sigue  $\beta$ , etc. Por otra parte las estrellas de primera magnitud tienen nombres propios como son: Sirius, Capella, Aldebarán, etc.

Las tres constelaciones más características de la esfera celeste son:

1) La Osa Mayor o "cucharón" para las estrellas de alta declinación Norte.

2) El Orión para las estrellas en la región equinoccial.

3) La Cruz del Sur para las estrellas de alta declinación Sur.

Todo navegante debe familiarizarse con estas constelaciones y nombres que además de ser fácilmente identificables sirven como referencia para identificar otras.

Para reconocerlas basta con unir por una línea o una curva imaginaria dos estrellas conocidas y sobre esta línea o su prolongación identificar la desconocida.

También algunos navegantes las reconocen por las figuras geométricas formadas en muchos casos entre varias estrellas brillantes con alguna otra.

#### 11.04 CONSTELACION "OSA MAYOR". (Figura 11.04).

Como ya se dijo es una de las constelaciones más notables del Hemisferio Norte y está compuesta de siete estrellas que son: Dubhe, Merak, Phecda, Megrez que forman el "cucharón" y las tres restantes Alioth, Mizar y Alkaid o Benetnash

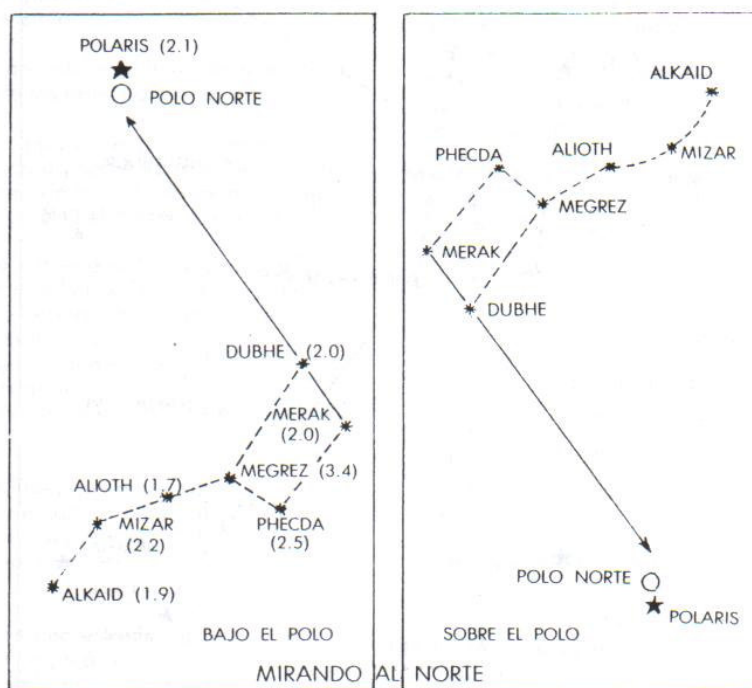


Figura 11.04



están en una dirección curva y forman el "mango". Todas son de segunda magnitud menos Megrez que es de 3ª. Dubhe y Merak son las más brillantes y la prolongación hacia el Norte de la línea imaginaria que las une, lleva la vista hacia la estrella POLAR.

La estrella Polar pertenece a la constelación de la "Osa Menor" que también consta de siete estrellas principales, que forman una figura similar a las de la Osa Mayor, pero en posición inversa, estando la Polar en la extremidad del "mango".

#### 11.05 CONSTELACION "ORION" (Fig. 11.05).

Esta constelación es la más bella de todas, consiste en un cuadrilátero alargado, en dirección Norte-Sur formado por tres estrellas de primera magnitud y una de segunda. La estrella del NE. es ( $\alpha$ ) Betelguese, la del NW. ( $\gamma$ ) Bellatrix; la del SW. es ( $\beta$ ) Rigel.

Dentro del cuadrilátero se ven tres pequeñas estrellas equidistantes entre sí, todas de segunda magnitud y en línea recta de NW. a SE., formando lo que se conoce con el nombre de "cinturón del orión".

#### 11.06 CONSTELACION "CRUZ DEL SUR" (Fig. 11.06).

Es la constelación más notable del Hemisferio Sur. Está formada por cuatro estrellas brillantes colocadas en forma de cruz.

Cuando la constelación está sobre el polo, Acrux queda hacia el Sur en el brazo largo de ella;  $\beta$  Crucis al Este;  $\gamma$  al Norte y  $\delta$  en el extremo Oeste. Una línea que partiendo de  $\alpha$  (Acrux) y que pase por  $\gamma$ , apunta en dirección del polo Sur de la esfera, quedando el polo Sur a media distancia entre ésta y la estrella Achernar.

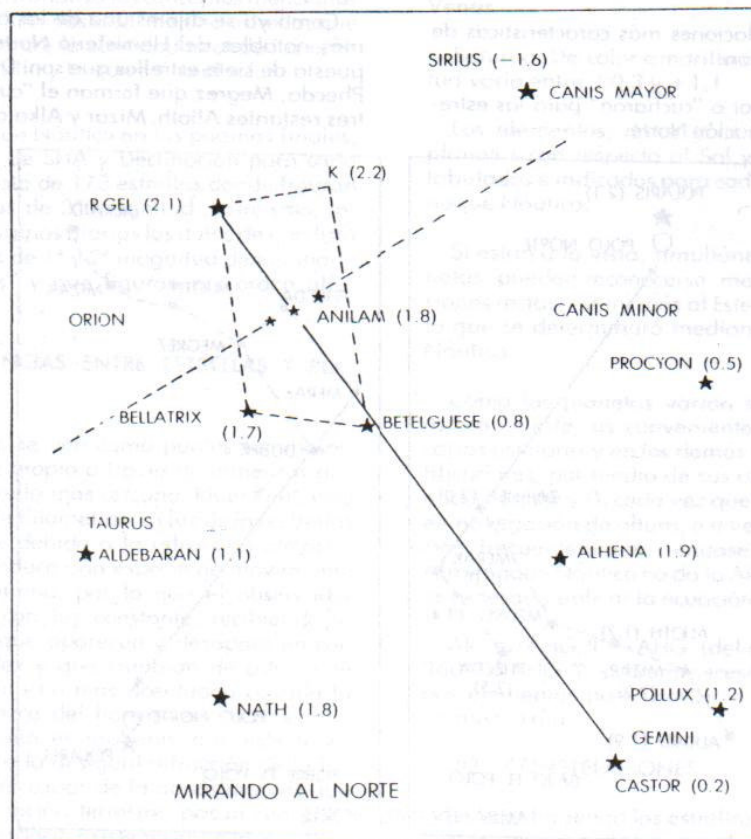


Figura 11.05

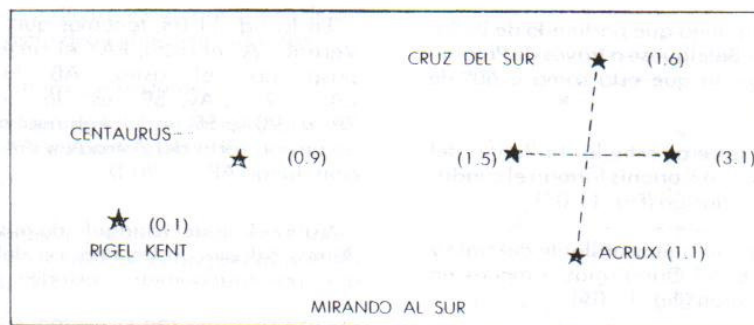


Figura 11.06

En las cercanías de esta constelación se encuentra la constelación del "Centaurus" formada por dos estrellas de primera magnitud  $\alpha$  (Rigel Kent) y  $\beta$  (Centaurus).

#### 11.07 IDENTIFICACION RAPIDA DE LAS ESTRELLAS USADAS EN NAVEGACION.

Sabiendo reconocer las constelaciones descritas anteriormente, se está en condiciones de poder reconocer otras estrellas útiles en navegación, refiriéndose o apoyándose en las estrellas que forman esas constelaciones.

A continuación indicamos la manera de identificar algunas de las principales:

**ACHERNAR.**- Está a medio camino entre Canopus y Fomalhaut y sobre la línea que los une. Se puede ubicar, también, prolongando el brazo largo de la "Cruz del Sur" hacia Acrux ( $\alpha$ ).

**ALDEBARAN.**- Puede ser localizada con relación al "cinturón del orión" el que apunta más o menos en su dirección y en la otra hacia Sirius, quedando el cinturón al centro (Fig. 11.05). Se puede distinguir, además, por tener un ligero color rojizo y estar en la extremidad de una "A" (mirando al N) formada por varias estrellas pequeñas.

**ALTAIR.**- La línea que partiendo de Capella y pase por Caph de Cassiopea apunta hacia Altair, que además está situada entre dos estrellas secundarias, pero notables, que apuntan hacia Vega.

**ANTARES.**- Es una estrella rojiza que está en el centro de un pequeño arco de estrellas secundarias y sobre la línea que parte de Acrux y que pasa por  $\beta$  Centaurus.

**ARCTURUS.**- Es una de las estrellas más brillantes del hemisferio Norte, se localiza prolongando "el mango" de la Osa Mayor.

Se encuentra en la alineación Arcturus - Denebola y Regulus; también forma un triángulo con Spica y Denebola.

**BETELGUESE.**- Es una de las estrellas que forman el cuadrilátero del "orión" es rojiza y está opuesta a Rigel y al lado de Bellatrix.

**CANOPUS.**- Está en las cercanías de Sirius y la sigue en brillantez. Está situada a medio camino entre Sirius y el Polo Sur de la esfera y en la línea que une Fomalhaut con Achernar o bien Antares con  $\beta$  del Centauro.

**CAPELLA.**- Esta brillante estrella está ubicada en la prolongación de la cola de la Osa Mayor y a  $45^\circ$  de la Polar, se le reconoce fácilmente, porque forma un triángulo isósceles, con dos estrellas de menor valor.

**CASTOR.**- Una línea que partiendo de Rigel y que pase por las estrellas centrales del cinturón de Orión y cerca de Betelgueuse apuntará hacia Castor.

**RIGEL KENT Y  $\beta$  CENTAURO.**- Están próximos a la Cruz del Sur y sobre la línea que une Antares con Canopus.

**FOMALHAUT.**- La línea que partiendo de Canopus a través de Achernar pasa sobre ella.

**POLLUX.**- Se ve junto a Castor (Fig. 11.05).

**PROCYON.**- Esta estrella forma un triángulo junto con Sirius y Betelgueuse.



**REGULUS.**- Una línea que partiendo de Bellatrix y pasando por Betelguese a través de Procyon apunta a Régulus, la que está como a 60° de Betelguese.

**RIGEL.**- Es la tercera estrella brillante del Orión y que juntas con K Orionis forman el cuadrilátero en esta constelación (Fig. 11.05).

**SIRIUS.**- Es la estrella más brillante del cielo y está situada al SE del Orión, más o menos en la línea con el cinturón (Fig. 11.05).

**SPICA.**- Es una bonita estrella que se ubica prolongando la cola de la Osa Mayor más allá de Arcturus que queda a medio camino. Forma un triángulo con Arcturus y Denébola.

**VEGA.**- Esta estrella se encuentra en la prolongación de la línea que une Capella con la Polar, más o menos a igual distancia, pero al lado opuesto; cerca de Vega existe una clara letra "W" formada por pequeñas estrellas.

#### 11.08 OTROS METODOS DE IDENTIFICACION DE ASTROS.

Sabemos que un astro está ubicado o reconocido cuando se conocen sus coordenadas equinocciales: Ascensión recta (AR) o ángulo horario sidéreo (AHS) y declinación (D). Estos elementos se deducen del triángulo de posición en función del ángulo en el zenit (Z), altura verdadera (Av) y de la latitud (L).

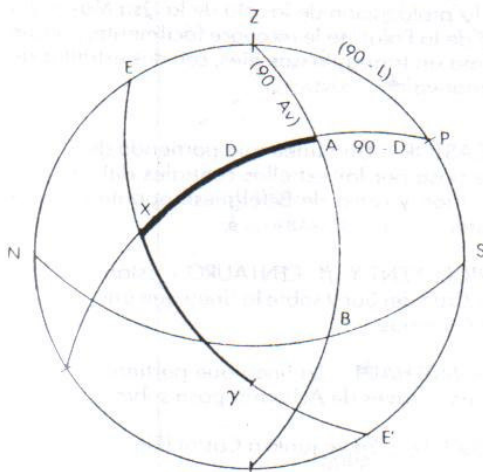


Figura 11.08

En la fig. 11.08, tenemos que  $\Upsilon$  es el punto Vernal, "A" el astro, PAX el círculo horario que pasa por el astro; AB la Av, luego  $ZA = 90 - Av$ ; SP es la latitud, luego  $ZP = 90 - L$ ; EE' es el equinoccial;  $\Upsilon X$  es la ascensión recta del Astro A, y AX es su declinación, luego  $AP = 90 - D$ .

Valiéndose del triángulo de posición PZA, podemos calcular la Declinación del astro, puesto que por trigonometría esférica sabemos que:

$$\cos (90-D) = \cos (90-L) \cos (90-Av) + \sin (90-L) \sin (90-Av) \cos Z.$$

Entonces:

$$\sin D = \sin L \sin Av + \cos L \cos Av \cos Z, \text{ relación que nos dará la Declinación.}$$

Por otra parte sabemos que los senos de los ángulos son proporcionales a los senos de los lados, es decir que:

$$\begin{aligned} \frac{\sin P}{\sin (90-Av)} &= \frac{\sin Z}{\sin (90-D)} \\ \text{entonces } \sin P &= \frac{\sin Z \cos Av}{-\cos D} \end{aligned}$$

relación que nos da el valor del ángulo al polo, que debe llevar el signo del azimut.

Teniendo el ángulo al polo, podemos deducir el ángulo horario local (AHL) del astro, el que combinado con la Longitud nos determina el AHG de la estrella, puesto que:

$$\text{AHG}^* = \text{AHL}^* \begin{cases} +GW \\ -GE \end{cases}$$

Por otra parte con la fecha y HmGr de la observación se obtiene del Almanaque Náutico el AHGr  $\Upsilon$ .

Con los datos anteriores se determina el ángulo horario sidéreo por la ecuación:

$$\text{AHS} = \text{AHG}^* - \text{AHG } \Upsilon.$$

La AR y el AHS son siempre complementarios a 360° o 24 horas. (ver figura 11.08-a). Luego, conocida la  $D^*$  y el  $\text{AHS}^*$ , se entra al Almanaque Náutico con este dato y con la fecha de la observación, se identifica el astro. También con estos datos puede identificarse con la Carta estelar.

Lo tratado nos indica que siempre que se desee identificar un astro deben hacerse tres cosas:

- Tomar la altura con sextante.
- Anotar la hora de la observación y la corredera para obtener el punto estimado.
- Demarcarlo.

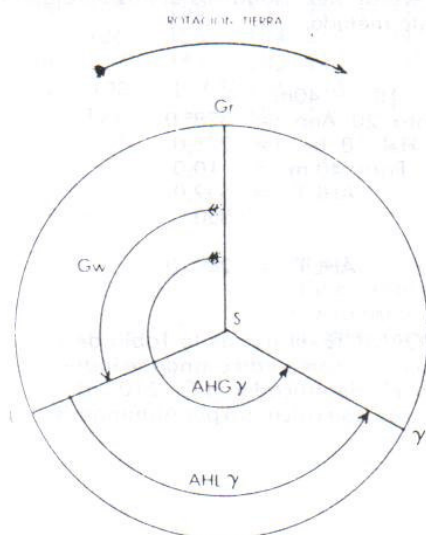
Estos elementos le permiten resolver el triángulo de posición y calcular el ángulo al polo (P) para obtener el  $AH\gamma$ .

Varios son los métodos para identificar un astro y como hemos visto, algunos son prácticos y otros matemáticos. En este manual explicamos los más empleados en la navegación:

- Globo estelar.
- Almanaque Náutico.
- Identificador 2102D.
- De distancia angular (o método de Karl Lower).
- Por tablas H.O 214 y H.O. 229.

En casi todos los métodos se necesita primeramente el  $AH\gamma$ .

#### 11.09 CALCULO DEL $AH\gamma$ PARA IDENTIFICAR.



$$AHL\gamma = AHG\gamma - GW$$

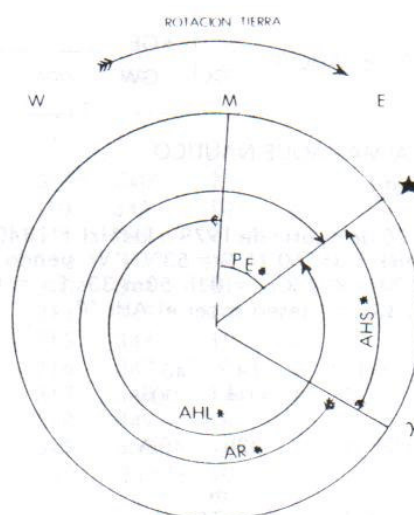
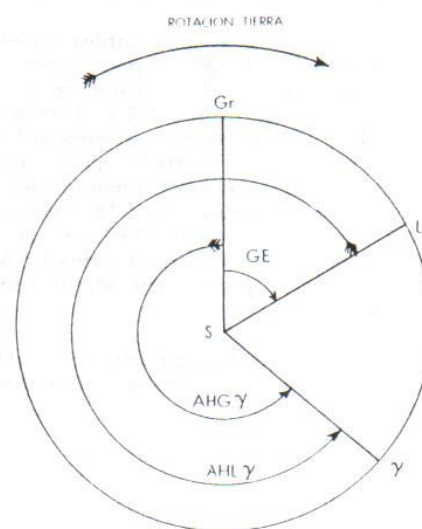


Figura 11.08-a



$$AHL\gamma = AHG\gamma + GE$$

Figura 11.09



Fácilmente se ve en la figura 11.09 que el

$$\text{AHL } \gamma = \text{AHG } \gamma \begin{cases} + \text{GE} \\ - \text{GW} \end{cases}$$

#### POR ALMANAQUE NAUTICO

Ejemplo:

El 20 de agosto de 1978 a las Hzl = 1840 Zh + 4 en L = 35° 10' N, G = 53° 04' W, siendo Hcp 06h 34m 48s; Cp = 03h 50m 33s Ea = 00h 14m 33s, se desea saber el AHL  $\gamma$ .

$$\begin{array}{rcl} \text{Hzi} & = & 18 \quad 40 \\ \text{Zh} & = & +04 \quad 00 \end{array}$$

$$\text{HmGr ap} = 22\text{h} \quad 40\text{m}$$

|       | h  | m  | s  |
|-------|----|----|----|
| Hcp = | 06 | 34 | 48 |
| cp =  | 03 | 50 | 33 |
| Ea =  | 00 | 14 | 33 |

$$\text{HmGr} = 22 \quad 39 \quad 54 \quad (20 \text{ Ago.})$$

$$\text{AHG } \gamma = 298^\circ \quad 52,7$$

$$\text{co} = 10 \quad 00,1$$

$$\text{AHG } \gamma \text{ co} = 308 \quad 52,8$$

$$- \text{GW} = 53 \quad 04,0$$

$$\text{AHL } \gamma = 255^\circ \quad 48,8$$

#### POR LA TABLA DE LOCKERSON

Como las estrellas observables en el mar difieren en AHS y D, se hace posible la solución en forma aproximada. Con ello se gana en rapidez, lo que permitió a J. T. Lockerson hacer sus tablas. Para ello tabuló el ángulo horario del equinoccio vernal (AH  $\gamma$ ), para cada día del año y para las cero horas medias del lugar y en una tabla anexa tabuló las correcciones para "horas y minutos de Hml" en cualquier otro instante que, sumada a las de cero horas, darán el AHL  $\gamma$  para la Hml del día que se requiere.

La tabla la incluimos a continuación. Hagamos el mismo ejemplo anterior valiéndonos de dicha tabla.

$$\begin{array}{rcl} \text{Hzi} & = & 18 \quad 40 \\ \text{Zh} & = & 04 \quad 00 \end{array}$$

$$\text{HmGr ap} = 22 \quad 40$$

|        | h  | m  | s  |           |
|--------|----|----|----|-----------|
| Hcp =  | 06 | 34 | 48 |           |
| cp =   | 03 | 50 | 33 |           |
| Ea =   | 00 | 14 | 33 |           |
| HmGr = | 22 | 39 | 54 | (20 Ago.) |
| G =    | 03 | 32 | 16 | W         |
| Hml =  | 19 | 07 | 38 |           |

$$\text{Tabla. Para 20 Ago} = 328^\circ,0$$

$$\text{Para Hml 19 hrs.} = 286^\circ,0$$

$$\text{Para 7,6 m.} = 2^\circ,0$$

$$\text{AHL } \gamma = 616,0$$

$$-360,0$$

$$\text{AHL } \gamma = 256^\circ,0$$

El ejemplo también se puede resolver, empleando la Hzi como argumento en la tabla adicional. Es posible que haya una diferencia, puesto que la Hzi difiere, por lo general, muy poco con la Hml, pero el error que se introduce, no afecta en la identificación, y en cambio se gana en rapidez. Hagamos el mismo ejemplo por este método.

$$\text{Hzi} = 18\text{h} \quad 40\text{m}$$

$$\text{Para 20 Ago.} = 328^\circ,0$$

$$\text{Para Hzi 18 hrs.} = 271,0$$

$$\text{Para 40 m} = 10,0$$

$$\text{AHL } \gamma = 609,0$$

$$360$$

$$\text{AHL } \gamma = 249^\circ,0$$

**IMPORTANTE:** El uso de la Tabla de Lockerson, sólo se recomienda cuando se individualiza con el identificador H.O. 2102 D. En los demás casos se calculará por Almanaque Náutico.

TABLA DE LOCKERSON.

| DIA | ENE. | FEB.  | MAR. | ABR.  | MAY. | JUN.  | JUL. | AGO. | SEP.  | OCT. | NOV. | DIC. | DIA |
|-----|------|-------|------|-------|------|-------|------|------|-------|------|------|------|-----|
| 1   | 100° | 131°  | 158° | 189°  | 218° | 249°  | 278° | 309° | 340°  | 9°   | 40°  | 69°  | 1   |
| 2   | 101  | 132   | 159  | 190   | 219  | 250   | 279  | 310  | 341   | 10   | 41   | 70   | 2   |
| 3   | 102  | 133   | 160  | 191   | 220  | 251   | 280  | 311  | 342   | 11   | 42   | 71   | 3   |
| 4   | 103  | 134   | 161  | 192   | 221  | 252   | 281  | 312  | 343   | 12   | 43   | 72   | 4   |
| 5   | 104  | 135   | 162  | 193   | 222  | 253   | 282  | 313  | 344   | 13   | 44   | 73   | 5   |
| 6   | 105  | 136   | 163  | 194   | 223  | 254   | 283  | 314  | 345   | 14   | 45   | 74   | 6   |
| 7   | 106  | 136 ½ | 164  | 195   | 224  | 255   | 284  | 315  | 347   | 15   | 46   | 75   | 7   |
| 8   | 107  | 137   | 165  | 196   | 225  | 256   | 285  | 316  | 347   | 16   | 47   | 76   | 8   |
| 9   | 108  | 138   | 166  | 197   | 226  | 257   | 286  | 317  | 348   | 17   | 48   | 77   | 9   |
| 10  | 109  | 139   | 167  | 198   | 227  | 258   | 287  | 318  | 349   | 18   | 49   | 78   | 10  |
| 11  | 110  | 140   | 168  | 199   | 228  | 259   | 288  | 319  | 350   | 19   | 50   | 79   | 11  |
| 12  | 111  | 141   | 169  | 200   | 229  | 260   | 289  | 320  | 350 ½ | 20   | 51   | 80   | 12  |
| 13  | 112  | 142   | 170  | 201   | 230  | 261   | 290  | 321  | 351   | 21   | 52   | 81   | 13  |
| 14  | 113  | 143   | 171  | 202   | 231  | 262   | 291  | 322  | 352   | 22   | 53   | 82   | 14  |
| 15  | 114  | 144   | 172  | 203   | 232  | 263   | 292  | 323  | 353   | 23   | 54   | 83   | 15  |
| 16  | 115  | 145   | 173  | 204   | 233  | 264   | 293  | 324  | 354   | 24   | 55   | 84   | 16  |
| 17  | 116  | 146   | 174  | 204 ½ | 234  | 265   | 294  | 325  | 355   | 25   | 56   | 85   | 17  |
| 18  | 117  | 147   | 175  | 205   | 235  | 266   | 295  | 326  | 356   | 26   | 57   | 86   | 18  |
| 19  | 118  | 148   | 176  | 206   | 236  | 267   | 296  | 327  | 357   | 27   | 58   | 87   | 19  |
| 20  | 119  | 149   | 177  | 207   | 237  | 268   | 297  | 328  | 358   | 28   | 59   | 88   | 20  |
| 21  | 120  | 150   | 178  | 208   | 238  | 269   | 298  | 329  | 359   | 29   | 60   | 89   | 21  |
| 22  | 121  | 151   | 179  | 209   | 239  | 270   | 299  | 330  | 000   | 30   | 61   | 90   | 22  |
| 23  | 122  | 152   | 180  | 210   | 240  | 271   | 300  | 331  | 1     | 31   | 62   | 91   | 23  |
| 24  | 123  | 153   | 181  | 211   | 241  | 272   | 301  | 332  | 2     | 32   | 63   | 92   | 24  |
| 25  | 124  | 154   | 182  | 212   | 242  | 273   | 302  | 333  | 3     | 33   | 63 ½ | 93   | 25  |
| 26  | 125  | 155   | 183  | 213   | 243  | 274   | 303  | 334  | 4     | 34   | 64   | 94   | 26  |
| 27  | 126  | 156   | 184  | 214   | 244  | 275   | 304  | 335  | 5     | 35   | 65   | 95   | 27  |
| 28  | 127  | 157   | 185  | 215   | 245  | 276   | 305  | 336  | 6     | 36   | 66   | 96   | 28  |
| 29  | 128  | 157 ½ | 186  | 216   | 246  | 277   | 306  | 337  | 7     | 37   | 67   | 97   | 29  |
| 30  | 129  | —     | 187  | 217   | 247  | 277 ½ | 307  | 338  | 8     | 38   | 68   | 98   | 30  |
| 31  | 130  | —     | 188  | —     | 248  | —     | 308  | 339  | —     | 39   | —    | 99   | 31  |

NOTA.- Esta tabla da el valor de AHL  $\eta$  para las "Cero" Hml de la fecha indicada. En la tabla anexa están las correcciones para horas y minutos de horas medias del lugar.



TABLA ANEXA.

| Corrección por Hml. |       |     |       |     |       |     |       |     |       |
|---------------------|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|
| Hml                 | Corr. | Hml | Corr. | Hml | Corr. | Hml | Corr. | Hml | Corr. |
| 0h                  | 0°    | 8h  | 120°  | 16h | 241   | 4m  | 1°    | 32m | 8°    |
| 1                   | 15    | 9   | 135   | 17  | 256   | 8   | 2     | 36  | 9     |
| 2                   | 30    | 10  | 150   | 18  | 271   | 12  | 3     | 40  | 10    |
| 3                   | 45    | 11  | 165   | 19  | 286   | 16  | 4     | 44  | 11    |
| 4                   | 60    | 12  | 181   | 20  | 301   | 20  | 5     | 48  | 12    |
| 5                   | 75    | 13  | 196   | 21  | 316   | 24  | 6     | 52  | 13    |
| 6                   | 90    | 14  | 211   | 22  | 331   | 28  | 7     | 56  | 14    |
| 7                   | 105   | 15  | 226   | 23  | 346   |     |       |     |       |

La Tabla Lockerson usarla "solo" cuando se identifica con el Identificador 2102 D.

Esta tabla No es de conversión de horas a grados. Es de corrección.

#### 11.10 IDENTIFICAR CON EL GLOBO ESTELAR.

El Globo Estelar es un instrumento que resuelve en forma práctica el problema de identificar un astro.

La base de este instrumento es astronómica. El Globo Estelar es la mejor representación de la esfera celeste en cuanto a estrellas se refiere. En él las estrellas se muestran en la posición que las ve un observador desde la tierra, proyectadas sobre una esfera. Para mayor facilidad trae además el equinoccial, los paralelos de declinación, los círculos horarios, la eclíptica y también los polos.

El equinoccial viene graduado desde 0 a 24 horas, siendo "cero" el punto vernal.

El globo va montado en una caja de madera y sujeto por un círculo graduado de 0° a 360° desde el N por el E, que representa el horizonte verdadero. En la graduación 000° — 180° va montado un arco metálico fijo que representa el meridiano celeste del observador y que está graduado desde 0 en el horizonte a 90 en el zenit, sobre éste va un viajero que representa el Polo elevado, el que puede ser fijado en cualquier parte del meridiano celeste del observador.

La Latitud es la elevación del polo sobre el horizonte, luego si fijamos el viajero en la graduación correspondiente a la Latitud del lugar, tendremos la esfera celeste, estacionaria, en la posición que la ve el observador en esa latitud. El

cálculo del AHL  $\Upsilon$ , por el método aproximado basta, y nos permite colocar bajo la barra "meridiano celeste del observador" el círculo horario correspondiente a esta hora, es decir que aplicamos la definición que dice: "hora sidérea, es la ascensión recta del meridiano", con lo que tendremos la esfera celeste del globo, exactamente como la ve el observador en el momento de observar.

Los globos estelares por lo general traen un juego de arcos que pueden ser colocados en el zenit (Z) y que representan verticales, que se orientan con el azimut verdadero, o en ángulos en el zenit, de acuerdo con el círculo graduado que viene en el horizonte. Si en el círculo vertical marcamos la "altura verdadera", la estrella por identificar estará bajo ella en el globo; si no la hay es un planeta.

El procedimiento que se sigue será:

1º) Determinar el AHL  $\Upsilon$  en el momento de la observación.

2º) Colocar el polo correspondiente del globo estelar, elevado una cantidad igual a la latitud en el brazo meridiano celeste del observador y a partir del punto cardinal necesario.

3º) Gírese el Globo hasta que el brazo meridiano celeste quede exactamente sobre el círculo horario correspondiente al AHL  $\Upsilon$ , calculado en acápite 1º.

4°) Colóquese uno de los arcos que representan círculos verticales en el ángulo en el zenit, o en el azimut verdadero del astro observado y enseguida muévase el puntero "astro" hasta colocarlo en la altura verdadera, bajo él estará el astro observado.

### 11.11 IDENTIFICAR POR ALMANAQUE NAUTICO

Para facilitar la identificación de estrellas en la mar, el Almanaque Náutico trae cuatro "cartas estelares". Las dos principales son cartas polares en proyección azimutal equidistante con puntos de tangencia en los polos Norte y Sur respectivamente. Cada una de ellas se extiende desde el polo hasta una declinación (D) de 10° del mismo signo que el polo considerado.

Debajo de cada circular está impresa otra auxiliar en proyección Mercator que comprende desde D 30° N a 30° S, con graduaciones cada 10° en los márgenes izquierdo y derecho, abarcando prácticamente todas las estrellas cercanas al ecuador entre 0° a 180° de AHS y los 180° a 360° de AHS en líneas verticales cada 30°.

De esta manera el AHS y D de una estrella pueden sacarse con bastante aproximación en estas cartas, que también traen trazada la eclíptica. En la representación polar las líneas de AHS convergen a los polos N y S graduadas cada 30°, y la declinación (D) figura cada 20° en círculos concéntricos a la equinoccial.

Debe tenerse presente que en la carta estelar circular correspondiente al H.N., el E queda a la izquierda de AHS considerado y el W está a la derecha de él. Lo contrario ocurre en la carta circular correspondiente al H.S.

En las cartas que están debajo de las circulares, el E queda a la izquierda del AHS considerado y el W a la derecha de él.

Las estrellas de cada constelación están unidas por una línea punteada, estando las más brillantes individualizadas por su nombre y letra griega.

El meridiano celeste del observador puede ser localizado en la carta estelar por medio del AHS ya que:

$$\text{AHG}^* = \text{AHG}^\gamma + \text{AHS}^*$$

$$\text{luego: } \text{AHS}^* = \text{AHG}^* - \text{AHG}^\gamma$$

pero para una estrella en el meridiano su AHG\* es

igual a la longitud weste, de donde reemplazando en la ecuación anterior tendremos:

$$\text{AHS}^* (\text{en el meridiano}) = \text{GW} - \text{AHG}^\gamma$$

Cuando la longitud del lugar es este, se convertirán en longitudes weste restándole de 360°. Por ejemplo una G = 50° E será igual a G = 310° W.

Teniendo localizado en la carta estelar el meridiano celeste del observador, será fácil orientar la carta para identificar estrellas.

Ejemplo:

Localizar en una carta estelar el meridiano del observador en G = 90° W, el 16 de julio de 1978 a la Hzl = 19.00.

$$\begin{aligned} \text{Hzi} &= 19\text{h } 00\text{m (16 JUL.)} \\ \text{Zh} &= 06 \quad 00 \\ \text{HmGr} &= 01 \quad 00 \text{ (17 JUL.)} \\ \text{AHG}^\gamma &= 309^\circ 30',3 \\ \text{AHS (meridiano)} &= \text{GW} - \text{AHG}^\gamma \\ \text{GW} &= 90^\circ 00' \\ &= +360^\circ 00' \text{ (para poder restar)} \\ \text{GW} &= 450^\circ 00',0 \\ \text{AHG}^\gamma &= 309^\circ 30',3 \\ \hline \text{AHS (mer.)} &= 140^\circ 29',7 \end{aligned}$$

La identificación de una estrella en el Zenites sencilla puesto que el Zenit está a su vez en el meridiano celeste del observador y tendrá en consecuencia una declinación, igual a la latitud del observador. Luego, para reconocer la estrella que está en el Zenit del observador se tiene que el AHS\* = AHS del meridiano del observador y que L = D\*, coordenadas éstas que se usan para entrar a la Carta Estelar y obtener la identificación del astro.

Las estrellas que quedan al norte o sur del Zenit pueden también ser identificadas con facilidad puesto que su distancia angular del zenit es igual a la diferencia entre la declinación y la latitud del observador.

Hay también otros catálogos de estrellas, textos de navegación y publicaciones náuticas, en las cuales aparecen "cartas estelares" en diferentes proyecciones que a veces distorsionan la posición relativa de las estrellas, de modo que será necesario conocer bien las instrucciones que contienen esos documentos, para que el navegante se asegure sobre el correcto empleo de esas cartas estelares.



### 11.12 IDENTIFICADOR H.O. Nº 2102 D.

Este identificador resuelve gráficamente, lo que el globo estelar hace objetivamente.

En el globo estelar, una esfera contiene todas las estrellas observables en su verdadera posición, y permite obtener las coordenadas horizontales y equinocciales de cada una, en su verdadera forma y magnitud. En cambio el identificador consiste en un "disco estelar", de un material plástico en el que se han proyectado en el plano equinoccial todas las estrellas observables, las del Hemisferio Norte en una cara del disco y las del Hemisferio Sur en el otro lado del disco. Las graduaciones de este disco indican las ascensiones rectas de medio en medio grado desde 0° a 360° donde el "cero" corresponde al equinoccio Vernal.

En un disco de celuloide anexo se encuentran trazados en tinta roja los paralelos de declinación de 10 en 10 grados, desde 0° en el equinoccional a 90° en el polo N. o S.

Los paralelos de declinación y el círculo indicador de AR nos permite sacar coordenadas equinocciales, o bien, situar los que no figuren, como los planetas.

Las coordenadas horizontales se proyectan en el plano equinoccial en diferentes formas, lo que depende de la latitud del observador. Estas se confundirán con las equinocciales cuando el observador esté en el polo,  $L = 90^\circ$  N. o S.; e irán deformándose más y más hasta Latitud cero.

El identificador subsana el inconveniente anterior, trayendo un juego de nueve "celuloides", en los que se han impreso las coordenadas horizontales para cada 10° en Latitud desde 5° a 85°. En estos celuloides el centro es el Zenit; los círculos concéntricos a él, son paralelos de altura o almicantrats que vienen de 5 en 5 grados desde cero a 90 grados y los círculos radiales son verticales o azimutes que están trazados de 5 en 5 grados, desde 0° a 360°; estos traen dos graduaciones concéntricas que parten desde una misma línea origen, el vertical principal ( $Azv = 0^\circ$ ). La lectura de uno es la recíproca de la otra. Después se verá el objeto de esto.

Este identificador es prácticamente igual al H.O. 2102-C y ambos se emplean en la misma forma.

### 11.13 USO DEL IDENTIFICADOR H.O. 2102 D.

El identificador puede emplearse:

- a) Para identificar estrellas.
- b) Para seleccionar e identificar con anterioridad las mejores estrellas observables para una buena situación.

c) Para determinar estrellas que pasan por el meridiano o el vertical primario.

d) Para plotear el Sol, Luna, Planetas o Estrellas adicionales que no estén indicados en el disco estelar.

#### a) IDENTIFICAR ESTRELLAS POR IDENTIFICADOR H.O. 2102 D.

1) Determinar la HmGr para el momento de la observación.

2) Con esa HmGr y fecha determine el AHG  $\Upsilon$  por Almanaque Náutico.

3) Convierta ese AHG  $\Upsilon$  en AHL  $\Upsilon$  restándole la longitud si es Weste y sumándosele si es Este

$$AHL \Upsilon = AHG \Upsilon \begin{array}{l} -GW \\ +GE \end{array}$$

4) Seleccione el celuloide de líneas azules de acuerdo a la latitud más cerca del punto de observación.

5) Centre el celuloide sobre el disco estelar, quedando pivoteada por el centro (polo), teniendo la precaución que tanto el disco como el celuloide queden de acuerdo al hemisferio, Norte o Sur, del observador.

6) Gire el celuloide hasta que la flecha quede sobre el AHL  $\Upsilon$  calculado. Las curvas indicarán el azimut de los astros ubicados en el disco estelar y las alturas aproximadas, se obtendrán de los círculos concéntricos paralelos al zenit, cuyas graduaciones están indicadas en el vertical principal (azimut cero).

7) Para identificar la estrella, se localiza en el celuloide el vertical del astro en el momento de la observación de acuerdo con el azimut verdadero y se corre por él hacia el zenit hasta encontrar el paralelo en altura, correspondiente a la verdadera de la observación y bajo ella en el disco estelar, estará la estrella observada; si no la hubiera indica que es un planeta, cuyas coordenadas pueden sacarse para identificarlo.



**EJEMPLO:**

El 30 de junio de 1978 a la Hzl = 19.56 horas  
 Zh = +4 se observó estrella desconocida en L =  
 28° 40' N y G = 66° 05' W; Hcp = 07h 58m 32s;  
 cp = 03h 44m 18s; Ea = 00h 13m 04s; Azv\* =  
 197°; Ai\* = 49° 37'; Ei = +1.0; Eojo = 28 pies.  
 ¿Qué estrella es?

Hzi = 19h 56m  
 Zh = 04h 00m  
 HmGr op = 23h 56m  
 Ai = 49° 37'.0  
 Ei = + 1'.0  
 Ao\* = 49° 38'.0  
 Dip = - 5'.1  
 Aap\* = 49° 32'.9  
 CT = - 0'.8  
 Av\* = 49° 32'.1

Hcp = 07h 58m 32s  
 cp = 03h 44m 18s  
 Ea = 00h 13m 04s  
 HmGr = 23h 55m 54s (30 JUN).

AHGΥ = 263° 39'.1  
 co = 14° 0'.8  
 AHGΥ co = 277° 39'.9  
 -G = 66° 05'.0 W  
 AHLΥ = 211° 34'.9  
 Av = 49° 32'.1  
 Azv = 197°

Estrella "SPICA".

(El cálculo del AHL Υ puede hacerse también por tabla Lockerson).

**b) SELECCIONAR E IDENTIFICAR CON ANTERIORIDAD ESTRELLAS POR IDENTIFICADOR H.O. 2102 D**

Generalmente el navegante elige la hora más conveniente para tener una buena observación. Esta hora, es alrededor del crepúsculo por las condiciones óptimas del horizonte; pero en ese momento se hace también más difícil identificar las estrellas en forma visual.

El identificador H.O. 2102 D soluciona esta dificultad, indicando las estrellas más favorables para efectuar una observación que le garantice una buena situación.

En efecto, coloquemos en el disco estelar, el celuloide que corresponda a la latitud, verificando que coincidan los hemisferios.

Calculemos el AHL Υ para la hora que se desea observar, como se indicó anteriormente.

Coloque la flecha o extremo de su vertical principal (azimut cero) en la graduación correspondiente al AHL Υ calculado. Esta vertical le estará indicando, en el disco estelar, el meridiano celeste del observador.

Inspeccionando el identificador, éste se encarga de darnos las alturas verdaderas y los azimutes aproximados que tendrán los astros que se desean observar, elementos que nos permitan localizarlo fácilmente en la esfera celeste y aun observarlos antes que lo veamos a simple vista, mediante el anteojo del sextante. Cuando se tiene práctica en ese tipo de observaciones, el procedimiento nos da muy buena oportunidad para una exacta situación.

Veamos en el ejemplo anterior, qué estrellas reúnen buenas condiciones para situar el buque, suponiendo que el buque navegue al Rv = 275°.

Inspeccionando el identificador se ve una buena cantidad de estrellas observables tales como: Spica, Denébola, Dubhe, Vega, etc., pero las que mejores condiciones ofrecen son:

Régulus: Azv = 270° Av = 32°  
 Kochab: Azv = 005° Av = 40°  
 Antares: Azv = 143° Av = 28°

porque hay una estrella en el meridiano que le dará buena latitud y otra al W que le da buena longitud.

También podría observarse una que esté por la proa, otra por la cuadra y la otra por la aleta opuesta. Estas serían:

Régulus: Azv = 270°  
 Av = 32° (Por la proa)

Spica: Azv = 197°  
 Av = 48° (Cuadra babor)

Vega: Azv = 060°  
 Av = 32° (Aleta opuesta)

Lo que daría también una buena situación.

**c) ESTRELLAS QUE PASAN POR EL MERIDIANO POR IDENTIFICADOR 2102 D**

En el identificador, la línea que une el polo con el zenit y su prolongación hasta el AHL Υ, fija el meridiano celeste del observador. Luego si se tiene este meridiano indicado sobre el disco estelar, es fácil determinar las estrellas que lo están cruzando o las que van a cruzarlo entre determinado lapso.



## EJEMPLO.

Qué estrellas cruzarán el meridiano entre las  
Hzi = 19.30 y 20.30 horas el día 30 de Junio de  
1978 en L = 28° 40' N. G = 66° 05' W. Zona +4.

Hzi = 19h 30m  
Zh = 04h 00m  
HmGr = 23h 30m (30 JUN.).  
AHG  $\Upsilon$  = 263° 39',1  
co = 7° 31',2  
AHG  $\Upsilon$  = 271° 10',3  
-GW = 66° 05',0  
AHL  $\Upsilon$  = 205° 05',3

Hzi = 20h 30m  
Zh = 04h 00m  
HmGr = 00h 30m (1° JUL.).  
AHG  $\Upsilon$  = 278° 41',6  
co = 7° 31',2  
AHG  $\Upsilon$  co = 286° 12',8  
-GW = 66° 05',0  
AHL  $\Upsilon$  = 220° 07',8

Estrellas que pasan por el meridiano entre HZ  
19.30 y 20.30 horas son: Alkaid, Kochab, Arcturus  
y Rigel Kent.

En la misma forma se puede obtener las estrellas  
que estén en el vertical primario, es decir,  
ubicar las estrellas que tengan Azimut 090° o  
270° a una hora determinada.

d) PLOTEAR ASTROS QUE NO ESTEN INDICADOS  
EN EL DISCO ESTELAR DEL IDENTIFICADOR  
H.O. 2102 D.

Se obtiene del Almanaque Náutico la declinación  
y ascensión recta del astro. (AR = 360° -  
AHS; o bien AHG  $\Upsilon$  - AHG astro, sumándole  
360° si fuese necesario para poder restar. Tómese  
ambos elementos para HmGr 00.00 horas.).

Cuando el AHG del astro es cero, el AHG  $\Upsilon$  es  
igual a AR.

Se centra el celuloide de líneas rojas, quedando  
pivoteado en el polo, téngase la precaución de  
verificar que la cara del disco estelar y del  
celuloide correspondan al hemisferio medio del  
observador, Norte o Sur

Se gira el celuloide hasta que el meridiano  
"cero" (flecha) quede sobre el valor de la AR en el  
disco estelar.

Se plotea el astro en el meridiano cero, utilizando  
la declinación en la escala radial para declinaciones  
"hacia el centro cuando la latitud y declinación son  
del mismo signo y hacia afuera del centro cuando son  
de distinto nombre".

Ambos celuloides, el rojo y azul, pueden ser  
usados al mismo tiempo para determinar el Azimut  
y altura.

#### 11.14 METODO DE DISTANCIAS ANGULARES PARA IDENTIFICAR ESTRELLAS.

Como las estrellas están a distancias infinitas  
conservan sus posiciones relativas en la esfera  
celeste de año en año. Luego las distancias angulares  
entre ellas se mantienen inalterables para  
cualquiera posición de un observador en la tierra.  
Con este simple raciocinio el oficial de la Marina  
Mercante Alemana Karl Lower, confeccionó una  
tabla con los valores angulares, entre pares de  
estrellas, lo que dio origen a un simple y positivo  
método para identificar estrellas, con la ventaja  
que con este sistema no es necesario conocer:  
la hora, ángulo horario, altura del astro, ni  
azimut.

TABLA "A"

#### DISTANCIA ANGULAR ENTRE LAS ESTRELLAS EN GRADOS Y DECIMOS DE GRADOS EN ORDEN NUMERICO.

|                  |               |
|------------------|---------------|
| 4.5 Rigel Kent   | - B. Centauri |
| .6 Pollux        | - Castor      |
| 7.6 Betelgeuse   | - Bellatrix   |
| 10.0 B. Centauri | - Denebkaitos |
| .5 Alkaid        | - Alioth      |
| 11.8 A. Crux     | - B. Centauri |
| 14.6 Rigel       | - Bellatrix   |
| 15.2 Alioth      | - Dubhe       |

|                 |              |
|-----------------|--------------|
| 32.8 Arcturus   | - Spica      |
| 33.2 Betelgeuse | - Pollux     |
| .2 Procyon      | - Bellatrix  |
| .5 Altair       | - Rasalhague |
| .7 Betelgeuse   | - Castor     |
| 34.2 Altair     | - Vega       |
| .3 Capella      | - Pollux     |
| .7 Polaris      | - Alioth     |

|                       |               |                |                    |
|-----------------------|---------------|----------------|--------------------|
| .6 Triángulo Ast      | — Rigel Kent  | 35.0 Spica     | — Denebola         |
| .7 A. Crux            | — Rigel Kea   | .2 Arcturus    | — Denebola         |
| .8 Bellatrix          | — Aldebaran   | .2 Rigel       | — Menkar           |
| 18.6 Betelgeuse       | — Rigel       | .5 Hamal       | — Aldebaran        |
| 19.1 A. Triángulo Ast | — B. Centauri | .6 Bellatrix   | — Menkar           |
| .1 Capella            | — Marfak      | 36.3 Sirius    | — Canopus          |
| 20.2 Markab           | — Alpheratz   | .4 Aldebaran   | — Marfak           |
| .6 Denebola           | — Regulus     | 37.0 Regulus   | — Pollux           |
| 21.4 Betelgeuse       | — Aldebaran   | .4 Regulus     | — Procyon          |
| 22.8 Pollux           | — Procyon     | 38.0 Altair    | — Deneb            |
| 23.5 Hamal            | — Menkar      | .5 Rigel       | — Procyon          |
| .5 Sirius             | — Rigel       | 39.1 Fomalhaut | — Achernar         |
| .9 Vega               | — Deneb       |                |                    |
| 25.7 Sirius           | — Procyon     | 39.1 Antares   | — Rigel Kent       |
| .8 Alkaid             | — Dubhe       | .4 Polaris     | — Marfak           |
| .9 A. Triángulo Ast   | — A. Crux     | .4 Canopus     | — Achernar         |
| 26.0 Betelgeuse       | — Procyon     | .5 Capella     | — Betelgeuse       |
| .1 Menkar             | — Aldebaran   | .5 Castor      | — Bellatrix        |
| .5 Rigel              | — Aldebaran   | .6 Pollux      | — Bellatrix        |
| .7 Procyon            | — Castor      | .7 Capella     | — Bellatrix        |
| .8 Fomalhaut          | — Denebkaitos | .8 Arcturus    | — Alioth           |
| 27.0 Sirius           | — Betelgeuse  | 40.5 Achernar  | — Denebkaitos      |
| .1 Hamal              | — Alpheratz   | .5 Regulus     | — Castor           |
| 28.7 Polaris          | — Dubhe       | .7 Menkar      | — Denebkaitos      |
| 29.1 Vega             | — Rasalhague  | 41.2 Markab    | — Denebkaitos      |
| 30.0 Capella          | — Castor      | .4 Polaris     | — Alkaid           |
| .4 Hamal              | — Marfak      | 42.0 Antares   | — B. Centauri      |
| .4 Sirius             | — Bellatrix   | .1 Alpheratz   | — Marfak           |
| .6 Arcturus           | — Alkaid      |                |                    |
| .7 Capella            | — Aldebaran   |                |                    |
| 42.1 Antares          | — Rasalhague  | 55.6 Canopus   | — B. Centauri      |
| .3 Denebola           | — Alkaid      | .7 Rigel       | — Hamal            |
| .5 Markab             | — Deneb       |                |                    |
| .8 A. Triángulo Ast   | — Antares     |                |                    |
| 43.1 Menkab           | — Betelgeuse  | 56.0 Antares   | — Arcturus         |
| .2 Aldebaran          | — Castor      | .5 Alioth      | — Vega             |
| .2 Denebola           | — Alioth      | .8 Betelgeuse  | — Hamal            |
| .4 Polaris            | — Capella     | 57.0 Marfak    | — Dubhe            |
| .4 Alpheratz          | — Deneb       | .0 Canopus     | — A. Triángulo Ast |
| .6 Markab             | — Hamal       | .8 Sirius      | — Regulus          |
| 44.1 Capella          | — Hamal       | .8 Denebola    | — Pollux           |
| .7 Castor             | — Dubhe       | .9 Polaris     | — Castor           |
| .7 Polaris            | — Deneb       | 58.1 Canopus   | — Rigel Kent       |
| 44.8 Fomalhaut        | — Marfak      | .4 Regulus     | — Alkaid           |
| 45.0 Aldebaran        | — Pollux      | .6 Alioth      | — Castor           |
| 45.1 Canopus          | — A. Crux     | .8 Sirius      | — Menkar           |
| .9 Antares            | — Spica       | 59.1 Arcturus  | — Vega             |
| 46.0 Aldebaran        | — Sirius      | .1 Rasalhague  | — Alkaid           |
| .0 Marfak             | — Menkar      | .1 Fomalhaut   | — Altair           |
| .2 Hamal              | — Denebkaitos | .4 Markab      | — Menkar           |
| .3 Aldebaran          | — Procyon     | .7 Arcturus    | — Regulus          |
| .7 Canopus            | — Rigel       | .8 Achernar    | — A. Crux          |
| .8 Pollux             | — Dubhe       | 60.1 Denebola  | — Castor           |
| 47.1 Sirius           | — Pollux      | .1 Procyon     | — Canopus          |
| .8 Alpheratz          | — Denebkaitos | .1 Alioth      | — Pollux           |
| .8 Denebola           | — Dubhe       | .3 Polaris     | — Alpheratz        |
| .8 Altair             | — Markab      | .3 Antares     | — Altair           |
| 48.2 Resalhague       | — Arcturus    | .4 Bellatrix   | — Canopus          |
| .2 Alpheratz          | — Menkar      | .5 Betelgeuse  | — Canopus          |



|      |            |   |                  |      |             |   |                  |
|------|------------|---|------------------|------|-------------|---|------------------|
| 49.0 | Marfak     | — | Castor           | .7   | Alkaid      | — | Spica            |
| .1   | Achernar   | — | A. Triángulo     | 61.0 | Capella     | — | Alpheratz        |
| .3   | Capella    | — | Dubhe            | .1   | Fomalhaut   | — | Alpheratz        |
| .7   | Spica      | — | B. Centauri      | .1   | Denebola    | — | Castor           |
| 50.0 | Sirius     | — | Castor           | .3   | Achernar    | — | Rigel Kent       |
| .3   | Bellatrix  | — | Marfak           | .4   | Rigel       | — | Denebkaitos      |
| .5   | Bellatrix  | — | Hamal            | .8   | Polaris     | — | Pollux           |
| .8   | Regulus    | — | Dubhe            | 62.0 | Denebola    | — | Procyon          |
| 51.0 | Alkaid     | — | Vega             | .1   | Aldebaran   | — | Alpheratz        |
| .1   | Procyon    | — | Capella          | .3   | Marfak      | — | Markab           |
| .1   | Capella    | — | Menkar           | .3   | Achernar    | — | B. Centauri      |
| .2   | Rasalhague | — | Deneb            | .5   | Betelgeuse  | — | Regulus          |
| .4   | Rigel      | — | Pollux           | .7   | Markab      | — | Vega             |
| .6   | Polaris    | — | Vega             | .7   | Marfak      | — | Deneb            |
| .6   | Spica      | — | Rigel Kent       | .8   | Marfak      | — | Rigel            |
| 52.2 | Rigel      | — | Castor           | 63.3 | Fomalhaut   | — | A. Triángulo Ast |
| .8   | Betelgeuse | — | Marfak           | .3   | Castor      | — | Alkaid           |
| 53.0 | Spica      | — | A. Crux          | .4   | Altair      | — | Alpheratz        |
| .3   | Marfak     | — | Pollux           | .7   | Achernar    | — | Menkar           |
| .5   | Antares    | — | A. Crux          | 64.2 | Capella     | — | Alioth           |
| .9   | Arcturus   | — | Dubhe            | .3   | Achernar    | — | Rigel            |
| 54.0 | Regulus    | — | Spica            | .4   | Deneb       | — | Alkaid           |
| .2   | Rigel      | — | Capella          | 65.8 | Deneb       | — | Alioth           |
| .4   | Regulus    | — | Alioth           | .8   | Polaris     | — | Hamal            |
|      |            |   |                  | .8   | Sirius      | — | Capella          |
| 66.1 | Vega       | — | Dubhe            | 79.0 | Markab      | — | Aldebaran        |
| .3   | Spica      | — | A. Triángulo Ast | .1   | Achernar    | — | Markab           |
| .4   | Rigel      | — | Denebkaitos      | .3   | Procyon     | — | Alioth           |
| .4   | Rasalhague | — | Spica            | 79.4 | Antares     | — | Denebola         |
| .8   | Aldebaran  | — | Denebkaitos      | .6   | Arcturus    | — | B. Centauri      |
| 67.1 | Alpheratz  | — | Vega             | .6   | Rasalhague  | — | Markab           |
| .5   | Fomalhaut  | — | Menkar           | .6   | Regulus     | — | A. Crux          |
| 67.7 | Hamal      | — | Dubhe            | .7   | Denebola    | — | B. Centauri      |
| .7   | Alioth     | — | Spica            | .9   | Sirius      | — | Marfak           |
| .9   | Procyon    | — | Dubhe            | 80.1 | Aldebaran   | — | Regulus          |
| 68.3 | Castor     | — | Alkaid           | .2   | Arcturus    | — | Rigel Kent       |
| 68.6 | Rasalhague | — | Alioth           | .5   | Canopus     | — | Regulus          |
| 69.0 | Procyon    | — | Sirius           | .8   | Denebkaitos | — | Triángulo Ast.   |
| .0   | Achernar   | — | Menkar           | .9   | Achernar    | — | Hamal            |
| .2   | Dubhe      | — | Sirius           | .9   | Betelgeuse  | — | Denebkaitos      |
| .3   | Procyon    | — | Deneb            | 81.1 | Fomalhaut   | — | Deneb            |
| .3   | Castor     | — | Marfak           | .2   | Arcturus    | — | Altair           |
| .5   | Pollux     | — | Alkaid           | .2   | Rasalhague  | — | Rigel Kent       |
| .6   | Regulus    | — | Capella          | .2   | Capella     | — | Markab           |
| .7   | Marfak     | — | Alioth           | .3   | Polaris     | — | Altair           |
| .9   | Fomalhaut  | — | Hamal            | .3   | Denebola    | — | Sirius           |
| 70.0 | Bellatrix  | — | Regulus          | .5   | Procyon     | — | Hamal            |
| .8   | Canopus    | — | Menkar           | .6   | Procyon     | — | Polaris          |
| 71.1 | Pollux     | — | Menkar           | .7   | Marfak      | — | Vega             |
| .3   | Castor     | — | Hamal            | .9   | Bellatrix   | — | Dubhe            |
| .8   | Antares    | — | Vega             | 82.0 | Rasalhague  | — | A. Triángulo     |
| .8   | Arcturus   | — | Polaris          | .1   | Betelgeuse  | — | Polaris          |
| 72.8 | Canopus    | — | Denebkaitos      | .2   | Arcturus    | — | Castor           |
| .9   | Aldebaran  | — | Polaris          | .3   | Fomalhaut   | — | B. Centauri      |
| 73.0 | Aldebaran  | — | Canopus          | .4   | Alpheratz   | — | Rigel            |
| .8   | Denebola   | — | A. Crux          | .5   | Aldebaran   | — | Castor           |
| .1   | Sirius     | — | A. Crux          | .6   | Rasalhague  | — | Dubhe            |
| .5   | Bellatrix  | — | Denebkaitos      | .7   | Canopus     | — | Pollux           |
| 74.3 | Polaris    | — | Markab           | .9   | Denebola    | — | Rigel Kent       |

|                |               |                 |                    |
|----------------|---------------|-----------------|--------------------|
| .4 Capella     | - Alkaid      | .9 Fomalhaut    | - Antares          |
| .7 Pollux      | - Hamal       | .9 Betelgeuse   | - Achernar         |
| 75.3 Polaris   | - Markab      | 83.1 Bellatrix  | - Polaris          |
| .4 Achernar    | - Alpheratz   | .3 Denebkaitos  | - Sirius           |
| .8 Regulus     | - Rigel       | .5 Betelgeuse   | - Alpheratz        |
| 76.0 Polaris   | - Denebola    | .7 Denebkaitos  | - Deneb            |
| .6 Marfak      | - Denebkaitos | .8 Altair       | - Alkaid           |
| 77.1 Altair    | - Denebkaitos | .9 Antares      | - Alkaid           |
| .4 Betelgeuse  | - Dubhe       | 84.0 Altair     | - A. Triángulo Ast |
| .5 Bellatrix   | - Alpheratz   | .1 Rasalhague   | - B. Centauri      |
| 78.0 Polaris   | - Rasalhague  | .4 Sirius       | - B. Centauri      |
| .0 Spica       | - Dubhe       | 85.0 Denebola   | - Capella          |
| .2 Capella     | - Deneb       | .1 Arcturus     | - A. Crux          |
| 78.3 Polaris   | - Regulus     | .2 Polaris      | - Menkar           |
| .4 Achernar    | - Bellatrix   | .3 Sirius       | - Denebkaitos      |
| .5 Canopus     | - Fomalhaut   | .5 Rasalhague   | - Denebola         |
| .7 Marfak      | - Alkaid      | .6 Fomalhaut    | - A. Crux          |
| .7 Aldebaran   | - Dubhe       | 86.0 Regulus    | - B. Centauri      |
| .8 Fomalhaut   | - Rigel Kent  | .0 Canopus      | - Castor           |
| .8 Sirius      | - Hamal       | 86.6 Procyon    | - A. Crux          |
| 87.2 Dubhe     | - Hamal       | .7 Betelgeuse   | - Denebola         |
| .4 Procyon     | - Alkaid      | 91.0 Alpheratz  | - Rasalhague       |
| .4 Arcturus    | - Pollux      | .4 Fomalhaut    | - Vega             |
| .6 Procyon     | - Spica       | .4 Hamal        | - Vega             |
| .8 Regulus     | - Marfak      | .7 Antares      | - Deneb            |
| 87.8 Spica     | - Vega        | .8 Sirius       | - A. Triángulos    |
| 88.2 Arcturus  | - Castor      | .8 Altair       | - Rigel Kent       |
| .2 Alpheratz   | - Dubhe       | 92.0 Betelgeuse | - Alioth           |
| .3 Fomalhaut   | - Rasalhague  | .4 Arcturus     | - A. Triángulo Ast |
| 88.4 Alpheratz | - Achernar    | 93.0 Capella    | - Vega             |
| .5 Sirius      | - Rigel Kent  | .4 Sirius       | - Dubhe            |
| .7 Capella     | - Denebkaitos | .9 Spica        | - Castor           |
| .9 Achernar    | - Antares     | 94.0 Altair     | - Alioth           |
| 89.6 Fomalhaut | - Rigel       | .8 Aldebaran    | - Alioth           |
| .9 Denebola    | - Vega        | .2 Antares      | - Alioth           |
| 90.1 Regulus   | - Rigel Kent  | 94.2 Bellatrix  | - Denebola         |
| .2 Altair      | - Hamal       | .3 Canopus      | - Hamal            |
| .2 Canopus     | - Spica       | .4 Alpheratz    | - Alioth           |
| .4 Canopus     | - Denebola    | .5 Bellatrix    | - Markab           |
| .6 Rigel       | - A. Crux     | .5 Markab       | - Rigel            |
| .8 Menkar      | - Deneb       | .6 Achernar     | - Procyon          |
| .8 Pollux      | - Spica       | 95.1 Alpheratz  | - Pollux           |
| .9 Alpheratz   | - Castor      | .5 Rasalhague   | - A. Crux          |
|                |               | .5 Aldebaran    | - Fomalhaut        |

T A B L A "B"

| ANGULO SOBRE EL HORIZONTE | CORRECCION | Debe agregarse a la lectura del sextante cuando una de las estrellas está próxima al horizonte. |
|---------------------------|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9°                        | + 0°,1     |                                                                                                 |
| 4°                        | + 0°,2     |                                                                                                 |
| 2°                        | + 0°,3     |                                                                                                 |
| 1°                        | + 0°,4     |                                                                                                 |
| 0°,5                      | + 0°,5     |                                                                                                 |



## DESCRIPCION DE LAS TABLAS.

La tabla "A" consiste en una lista de grupos de estrellas dispuestas en orden numérico de su distancia angular desde  $5^{\circ},5$  a  $99^{\circ},9$ .

La tabla "B" contiene las correcciones que deben ser agregadas a los ángulos medidos con el sextante, cuando una estrella está a menos de  $9^{\circ}$  del horizonte visible o de la mar. Como los ángulos con que se confeccionaron las tablas, están aproximadas a  $0^{\circ},1$ , esa corrección es importante.

Tenga presente que a la tabla se entra con grados y décimos. La luna y los planetas no pueden usarse puesto que estos varían en sus posiciones relativas, por lo que debe tenerse cuidado de no confundir los planetas con las estrellas al decir los ángulos.

En la tabla "A" hay 52 casos en que dos grupos tienen la misma distancia angular y 5 casos en que lo mismo sucede con tres grupos seguidos, por ejemplo Vega y Polar, tienen  $51^{\circ},6$  y así también Spica y Rigel Kent.

Esta coincidencia no debe causar preocupación, puesto que pocos grupos con medidas iguales son visibles en forma simultánea y cuando esto ocurre, siempre hay elementos que hacen posible distinguirlos, tales como la declinación u otras características que a simple vista de la carta estelar se ponen inmediatamente en evidencia.

## EXPLICACION Y USO DE LAS TABLAS.

Pueden presentarse dos casos:

- 1º) Cuando una estrella es conocida.
- 2º) Cuando las dos estrellas son desconocidas.

## 1er. Caso.

Cuando una estrella es conocida, se toma el ángulo entre ella, y la desconocida en grados y décimas con el ángulo medido y con el nombre de la estrella conocida se encontrará el nombre de la desconocida.

Supongamos que toma el ángulo entre Arcturus y una estrella desconocida y el valor fue  $35^{\circ} 12'$ ; es decir  $35^{\circ},2$ . Con este valor se entra a la tabla "A" y se ve que Arcturus forma ese ángulo con Denebola, luego Denebola sería la estrella desconocida.

## 2º Caso.

Cuando las dos estrellas son desconocidas, se mide el ángulo entre ellas. Con este valor entra a

la Tabla "A" y encontrará el nombre de ambas estrellas, pero no sabrá a cual de ellas corresponde su nombre. Para reconocerla tomará otro ángulo entre una de éstas y otra estrella cualquiera que resalte en el cielo. Con el valor de este ángulo vuelve a entrar a la tabla y tendrá el nombre de las dos estrellas una de las cuales será común a la primera medición, con lo que quedará identificada y por consecuencia, la otra también.

Supongamos que se midió el ángulo entre dos estrellas desconocidas y el ángulo dió  $39^{\circ},1$ . Entrando a la Tabla "A" nos indica que este ángulo corresponde a las estrellas, "Fomalhaut" y "Achernar".

Enseguida se toma el ángulo entre una de las estrellas anteriores y otra cualquiera que se destaque y supongamos de un ángulo igual a  $60^{\circ},1$ . Este ángulo corresponde en la tabla "A" a las estrellas "Fomalhaut" y "Alpheratz". Con esto hemos individualizado perfectamente a las tres estrellas: Fomalhaut, Achernar y Alpheratz.

## 11.15 IDENTIFICACION DE UN ASTRO EN EL MERIDIANO.

Fuera de los métodos que ya hemos descrito y entre los cuales se aprecia que el más práctico para el navegante es el identificador H.O. 2102 D; se puede identificar un astro cuando éste está próximo al meridiano dentro de  $10^{\circ}$  a cada lado o en el meridiano, sin necesidad de recurrir a los métodos enunciados para identificarlo.

Para identificar el astro bastará calcular el AHG $\Upsilon$  para la Hml u Hz de la observación y deducir el AHS\* mediante la ecuación  $AHS^* = GW - AHG\Upsilon$  cuando el astro está en el meridiano. Obtenida el AHS\* faltará determinar la Declinación, la que se puede determinar gráficamente como lo muestra la figura 11.15-a.

En la que P es el Polo  
Z es el zenit  
O E es el Ecuador  
A es el astro

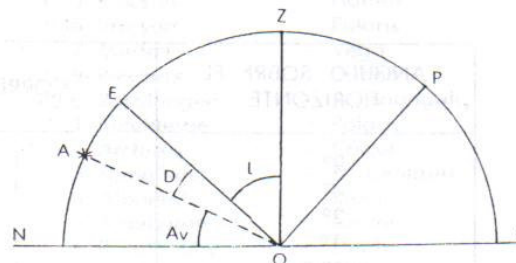


Figura 11.15-a

N-S es el horizonte  
 Av es la Altura verdadera  
 L es la Latitud  
 D es la declinación Sur de un astro.

$$\text{Entonces } D = 90 - (L + Av)$$

Luego si tenemos deducido la  $D^*$  y  $AHS^*$ , entrando al Almanaque Náutico con la fecha y esas coordenadas estará identificado el astro.

El caso que vimos fue para un astro de Declinación Sur, igualmente si hacemos el gráfico para una Declinación Norte, tendremos (Fig. 11.15-b).

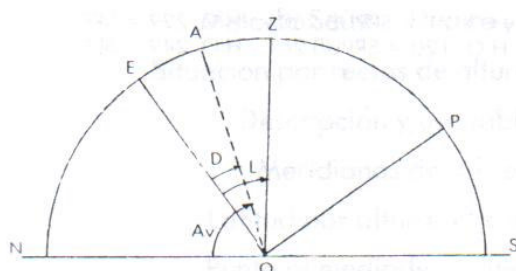


Figura 11.15-b

Entonces:

$$\begin{aligned} Av + L - D &= 90 \\ D &= (Av + L) - 90. \end{aligned}$$

#### 11.16 IDENTIFICACION DE ESTRELLAS POR TABLAS H.O. 214 y H.O. 229.

La identificación de estrellas por la tabla H.O. 214 es fácil y práctico.

Si se toma la altura con sextante a una estrella desconocida, a través de nubes por ejemplo, y la demarcamos al mismo tiempo; puede ser fácilmente identificada por la tabla en referencia.

Para lo anterior se entrará en la tabla en la página especial para identificación de estrellas, que está en la parte final de cada sección de la latitud. En ella se entrará con los valores de latitud, de la altura y del ángulo al zenit del astro, e interpolando al ojo, se determinará una Declinación y el ángulo al Polo, con la suficiente exactitud para una buena identificación.

El ángulo al Polo, así obtenido, se convertirá en ángulo horario local ( $AHL = Pw$  y  $AHL = 360^\circ - PE$ ).

El ángulo horario local del astro determinado, se combina con la longitud para obtener el ángulo horario de Greenwich de la estrella ( $AHGr^*$ ). A este último se le resta el  $AHGr^* \eta$  para obtener el ángulo horario sidéreo ( $AHS^*$ ). Se entra al Almanaque Náutico en la parte correspondiente a la estrella con el dato de la Declinación y el  $AHS^*$  obtenido y se identifica fácilmente el astro.

Ejemplo.

El 26 de Noviembre de 1978 a la HmGr = 15h 10m; con el buque en posición estimada  $L = 31^\circ 12',2$  N. y  $G = 135^\circ 10',4$  W. Se observó una estrella desconocida a través de un claro en las nubes. Altura del astro  $51^\circ 05',2$ ; Azimut verdadero del mismo 280.

Identificar la estrella.

Solución.

Se entra en la tabla de identificación para  $L = 31^\circ$  N con el argumento aproximado, altura  $51^\circ$  y ángulo al Zenit N  $80^\circ$  W (equivalente azimut 280) y se obtiene aproximadamente:

$$D^* = 30^\circ \text{ N} \quad P = 45^\circ \text{ W}$$

(Los números itálicos de la tabla indican que la Declinación es de signo contrario a la latitud).

$$\begin{aligned} P &= 45^\circ \text{ W} \\ AHL^* &= 45^\circ \\ G &= 135^\circ \text{ W} \\ AHGr^* &= 180^\circ 00' \\ -AHGr^* \eta &= 292^\circ 41',5 \\ AHS^* &= 247^\circ 18',5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HmGr &= 15h \quad 10m \\ AHGr^* \eta &= 290^\circ 11',1 \\ co &= 2^\circ 30',4 \\ AHGr^* \eta &= 292^\circ 41',5 \end{aligned}$$

Se entra al almanaque náutico en la lista de estrellas con el  $AHS^*$  y la Declinación y se obtiene que el astro es "POLLUX".

La Tabla H.O. 229 que es prácticamente similar a la 214, ha sido diseñada para resolver cualquier condición del triángulo de posición.

Por esta razón puede emplearse, también, en la identificación de astros conociendo su altura y azimut, elementos que el navegante los determina en la mar por observación directa.



Conociendo la latitud estimada se entra a la tabla en el Volumen correspondiente, con el azimut observado como  $AHL^*$  (LHA) y con la altura verdadera como declinación (Dec); de la columna Hc se obtiene el valor de la declinación y de la columna Z el dato del  $AHL^*$  con el cual se calcula el  $AHS^*$ , ya que  $AHS^* = AHL^* - AHL$ .

El nombre de la estrella observada se obtiene con los valores  $AHS^*$  y declinación, empleando ya sea el Almanaque Náutico o una carta estelar.

Resolviendo el mismo ejemplo anterior, se tiene que para:

$L = 31^\circ N$  = latitud  
 $Zv = 280^\circ$  =  $AHL^*$   
 $Av = 51^\circ$  = declinación

La Tabla da:

$Hc = 29^\circ 6'$  = declinación N.  
 $Z = 45^\circ 5'$  =  $AHL^*$

pero  $AHS^* = AHL^* - AHL = 247^\circ$  luego, la estrella es "POLLUX".

NOTA: La nueva numeración de las Tablas de Navegación es:

H.O. 71 = SRPUB 260 H.O. 229 = SRPUB 229  
H.O. 120 = SRPUB 261 H.O. 249 = SRPUB 249



Fig. 13. DETERMINACION DE UN ASTERO EN EL CIELO MERIDIANO

Para la determinación de un astero en el cielo meridiano, se debe conocer la latitud (L) y el azimut observado (AHL\*). La altura verdadera (Av) se obtiene de la columna Hc de la Tabla de Navegación. El valor de la declinación (Hc) se obtiene de la columna Z de la Tabla de Navegación. El valor de la declinación (Hc) se obtiene de la columna Z de la Tabla de Navegación.

La Tabla de Navegación da los valores de la declinación (Hc) y del azimut observado (AHL\*). El valor de la declinación (Hc) se obtiene de la columna Z de la Tabla de Navegación. El valor de la declinación (Hc) se obtiene de la columna Z de la Tabla de Navegación.

Para la determinación de un astero en el cielo meridiano, se debe conocer la latitud (L) y el azimut observado (AHL\*). La altura verdadera (Av) se obtiene de la columna Hc de la Tabla de Navegación. El valor de la declinación (Hc) se obtiene de la columna Z de la Tabla de Navegación.

La Tabla de Navegación da los valores de la declinación (Hc) y del azimut observado (AHL\*). El valor de la declinación (Hc) se obtiene de la columna Z de la Tabla de Navegación. El valor de la declinación (Hc) se obtiene de la columna Z de la Tabla de Navegación.

## CAPITULO XII

### NAVEGACION ASTRONOMICA

Círculos, curvas y rectas de altura, sus elementos y determinación

Método Saint - Hilaire y cálculo por tabla H.O. 214

Situación por rectas de altura, sistemas empleados y errores

Descripción y uso tablas H.O. 249 y H.O. 229

Meridianas de sol, estrellas, planetas y luna

Latitud por alturas circunmeridianas y estrella polar

Punto al mediodía y diferentes métodos de situación

Circunzenitales y correspondientes.

#### 12.00 SITUACION ASTRONOMICA.

A partir desde el momento en que la costa se pierde de vista, el navegante normalmente, deberá recurrir a los astros con ayuda del sextante y cronómetro para fijar exactamente la posición del buque.

El ideal del navegante sería tener la situación, tan fácilmente como la deducida por demarcaciones cuando navega a la vista de costa. Existe en la actualidad un procedimiento semejante, como son las señales radiogoniométricas y los sistemas electrónicos como el Omega, Lorán, Decca, Satélites, etc., los que permiten una situación rápida y exacta. Sin embargo, por razones obvias, no se puede prescindir de la situación astronómica clásica.

En la figura 12.00 tenemos un observador en O, donde C es el centro de la tierra. Unamos C con O, obteniendo con su prolongación, el zenit, Z en la esfera celeste. La dirección OZ es fija para un observador supuesto estacionario en O; cualquier punto en la línea en OZ, estará en la vertical de O.

En cierto momento observamos un astro, tal como A, en la dirección OA; tracemos CA paralela a OA, la que cortará la superficie de la tierra en un punto que denominaremos por X. Sabemos que la distancia a los astros es infinita, luego CA y OA son por sí paralelas; en consecuencia, XA es la dirección en que un observador en X ve el astro A exactamente en el mismo instante que el observador en O, lo ve en A. El punto X, adquiere especial importancia en la navegación astronómica y se le denomina por "POSICION GEOGRAFICA" del astro en el instante de la observación. En algunos textos se le llama "polo de iluminación".

Las coordenadas terrestres del punto X, posición geográfica, pueden ser determinadas fácilmente en cualquier momento. En efecto, como veremos más adelante, la latitud y longitud del punto X, serán respectivamente iguales a la DECLINACION del astro y a su ANGULO HORARIO con respecto a Greenwich.

Si el observador en O, en la figura 12.00, corrige la altura observada del astro A, obtendrá la Altura Verdadera del astro; es decir tendrá el



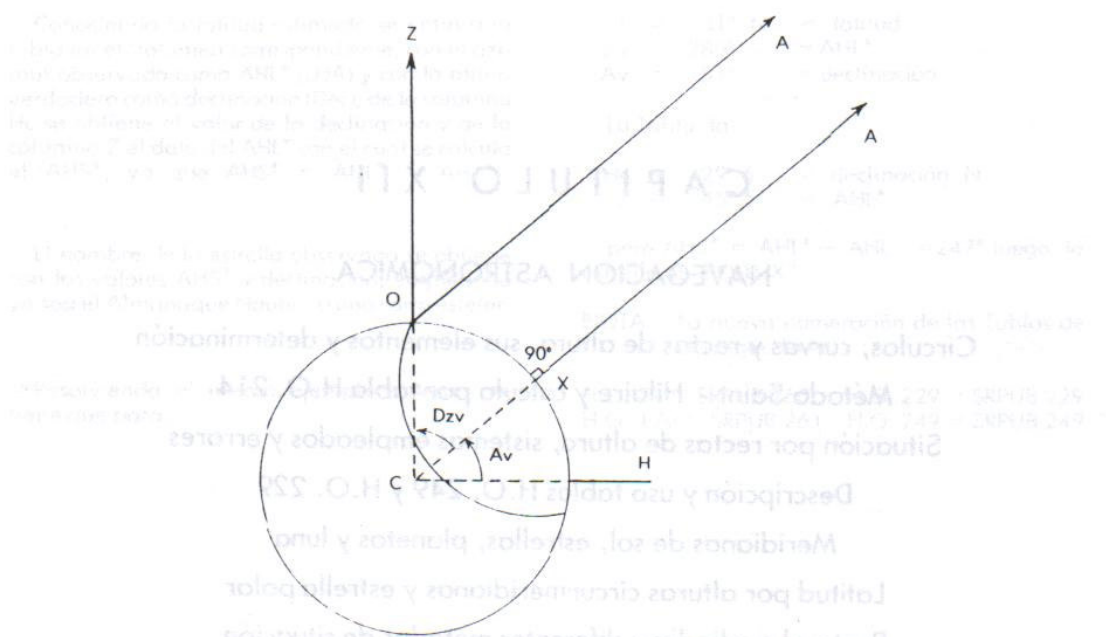


Figura 12.00

ángulo geocéntrico HCA, cuyo complemento ZCA es la distancia cenital verdadera (Dzv) y  $ZCA = ZOA$ .

En la figura 12.00 vemos que XH es la Av. y que OX es la Dzv, luego si hacemos centro en X, cuya posición se conoce, y con un radio igual a la Dzv trazamos un círculo, este círculo, contendrá al observador O; y lógicamente, cualquier punto de este círculo tendrá la misma distancia cenital, en consecuencia la misma altura al astro, de ahí su nombre de "CÍRCULO DE POSICIÓN O DE IGUAL ALTURA".

De lo anterior se deduce que de la observación de un astro se obtiene un lugar geométrico, en que todos los observadores colocados en dicho círculo tendrán la misma altura del astro; lugar geométrico que trazado en una esfera de radio conveniente, podría permitirnos situar la nave, para ello sería necesario observar simultáneamente otro astro, cuya Dzv nos daría un segundo lugar geométrico que cortará al anterior en dos puntos y el observador estará en el más cercano a la situación estimada de la nave. Lamentablemente este método tan simple, no es práctico; se necesitarían esferas enormes para obtener situaciones con aproximación de una milla; por lo tanto, habrá que buscar un sistema que permita un trazado fácil en las cartas de navegación.

El trazado de los círculos de posición o de altura en las cartas Mercator, no es cosa fácil, ya que los círculos de altura están representados por curvas, pero se ha simplificado, buscando un punto del círculo por el cual se traza una tangente; esto es, una perpendicular al radio, que se confunda con la curva en una cierta extensión en la cual está el buque. Luego el problema a resolver consistirá, en determinar el punto en el círculo por el que se deberá trazar la tangente.

#### 12.01 POSICIÓN GEOGRÁFICA DE UN ASTRO.

Consideremos la esfera celeste vista desde el centro C de la tierra, cuyo eje coincide con el de la esfera celeste PP'. Situemos Greenwich (g) luego p g p' será su meridiano y PG' GP' el círculo horario correspondiente en la esfera celeste, tal como se indica en la figura 12.01.

Sea A la posición de un astro en un momento dado. La visual CA corta a la tierra en X, punto que se denomina posición geográfica (PG) del astro. X es un punto preciso de la tierra; la línea que lo une con el centro C no es otra cosa que la dirección en que está el zenit del punto X, de donde se deduce que el astro A está, en el momento que se considera, en el zenit del punto X; o sea que la posición geográfica de un astro corresponde a las coordenadas de aquel punto en la

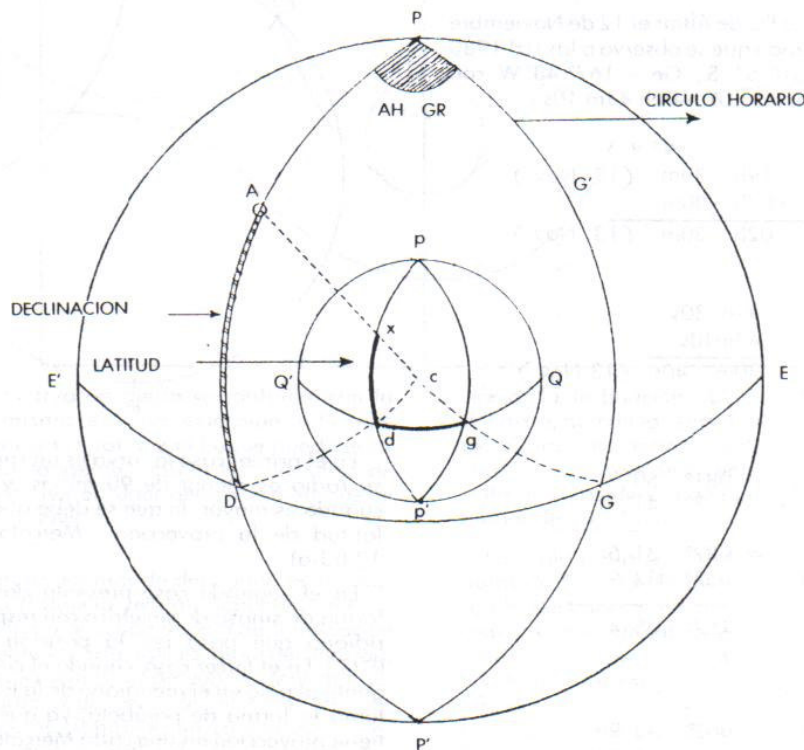


Figura 12.01

tierra que lo tiene por zenit en el instante que se considere, ya que debido a la rotación de la tierra está cambiando constantemente hacia el Oeste en su paralelo.

Veamos cómo se determinan las coordenadas del punto X. En la figura 12.01 vemos que la latitud de la posición geográfica es el arco del meridiano d X que corresponde al arco del círculo horario DA de la esfera celeste, arco que no es otra cosa que la "declinación del astro". La latitud será Norte cuando la declinación sea N. y Sur en caso contrario.

También vemos que la coordenada horizontal de la posición geográfica es el arco de Ecuador g d que corresponde al arco de equinoccio GD, esto es el "ángulo horario del astro en Greenwich". Si

el AHGr es menor de  $180^\circ$  la longitud será W. y si el AHGr es mayor de  $180^\circ$  la longitud será al Este igual a  $360^\circ - \text{AHGr}$ . Por ejemplo:

AHGr =  $83^\circ$  entonces G =  $83^\circ$  W.

AHGr =  $300^\circ$ ; entonces

G =  $360^\circ - 300^\circ = 60^\circ$  E. Si tenemos un AHGr =  $30^\circ$  la G =  $30^\circ$  W.

De todo lo dicho se desprende que la Posición Geográfica de un astro se determina conociendo su declinación y el ángulo horario de Greenwich (AHGr) en el instante de la observación. Ambos elementos vienen tabulados en el Almanaque Náutico, luego bastará la "hora del cronómetro" del momento de la observación para calcularlos exactamente.



## 12.02 EJEMPLO DE CALCULO DE POSICION GEOGRAFICA DE UN ASTRO.

Determinar la PG de Altair el 12 de Noviembre de 1978, sabiendo que se observó a las Hzl 1930 (+7) en  $Le = 20^{\circ} 51' S.$ ,  $Ge = 167^{\circ} 48' W.$  con  $Hcr = 01h 47m 30s$   $Ea = 00h 43m 10s$ .

$$\begin{array}{rcl} Hzl & = & 19h \quad 30m \quad (12 \text{ Nov.}) \\ Zh & = & +07h \quad 00m \\ \hline HmGr \text{ ap} & = & 02h \quad 30m \quad (13 \text{ Nov.}) \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} Hcr & = & 01h \quad 47m \quad 30s \\ Ea & = & 00h \quad 43m \quad 10s \\ \hline HmGr & = & 02h \quad 30m \quad 40s \quad (13 \text{ Nov.}) \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} AHG \gamma & = & 081^{\circ} \quad 50',2 \\ c & = & 7^{\circ} \quad 41',3 \end{array}$$

$$\begin{array}{rcl} AHG \gamma c & = & 089^{\circ} \quad 31',5 \\ AHS_{*} & = & 062^{\circ} \quad 33',9 \end{array}$$

$$AHG_{*} = 152^{\circ} \quad 05',4$$

Del A.N.:

$$\begin{array}{rcl} AHS_{*} & = & 062^{\circ} \quad 33',9 \\ D_{*} & = & 08^{\circ} \quad 49',0 \text{ N.} \end{array}$$

luego PG

$$\begin{array}{rcl} L & = & 08^{\circ} \quad 49',0 \text{ N.} \\ G & = & 152^{\circ} \quad 05',4 \text{ W.} \end{array}$$

## 12.03 CURVAS DE ALTURA.

Los círculos de posición quedan representados como tales en las cartas Mercator cuando su radio es pequeño, nunca mayor de 90 millas; en todo otro caso sus formas se desfiguran en elipses, parábolas o sinusoides, y por ello se les denominan "CURVAS DE ALTURA", dependiendo su forma de la posición que ocupan con respecto a los polos de la tierra, las que pueden:

- Dejar los polos fuera de sus contornos, tal como la AB, figura 12.03.
- Contener uno de los polos, como AC.
- Pasar por uno de los polos tal como la PB. (Fig. 12.03).

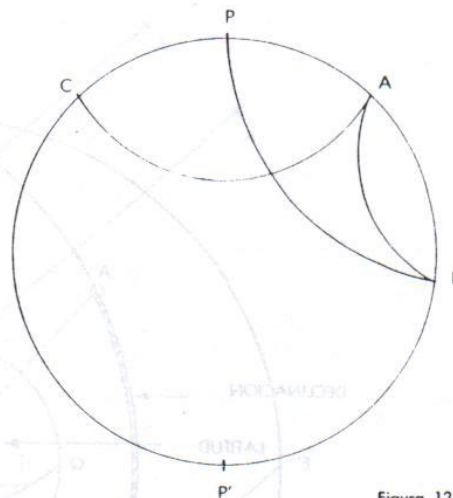


Figura 12.03

En el primer caso la curva es un círculo cuando su radio es menor de 90 millas; y una elipse cuando es mayor, lo que se debe al aumento en latitud de la proyección Mercator. (Figura 12.03-a).

En el segundo caso presenta dos ramas en forma de senoide simétrica con respecto al meridiano que pasa por la posición geográfica (P.G.). En el tercer caso, cuando el círculo es tangente al polo en el meridiano de la P.G., la curva toma la forma de parábola, ya que el polo no tiene proyección en una carta Mercator.

La figura 12.03-a, muestra las curvas de Círculos de posición para tres valores distintos de altura verdadera en una misma posición geográfica del astro.

## 12.04 RECTAS DE ALTURA.

El trazado de la curva de altura en las cartas de navegación es, en consecuencia, un trabajo muy laborioso y por lo demás innecesario; el punto estimado de la nave nos indica que el observador debe estar en aquella parte del círculo o de la curva cercana al punto estimado. Por otra parte, si la altura verdadera no es muy grande, que es el caso general; el radio del círculo de posición que es la distancia zenital verdadera ( $Dzv = 90 - Av$ ), es grande y en consecuencia su curvatura no será muy pronunciada, lo que permite reemplazarla en la carta, por una tangente al círculo trazado por un punto, por ahora arbitrario, pero en las cercanías del punto estimado. Esta tangente se denomina "RECTA DE ALTURA".

De inmediato se aprecia la conveniencia de hacer siempre una buena estima para disminuir los errores.

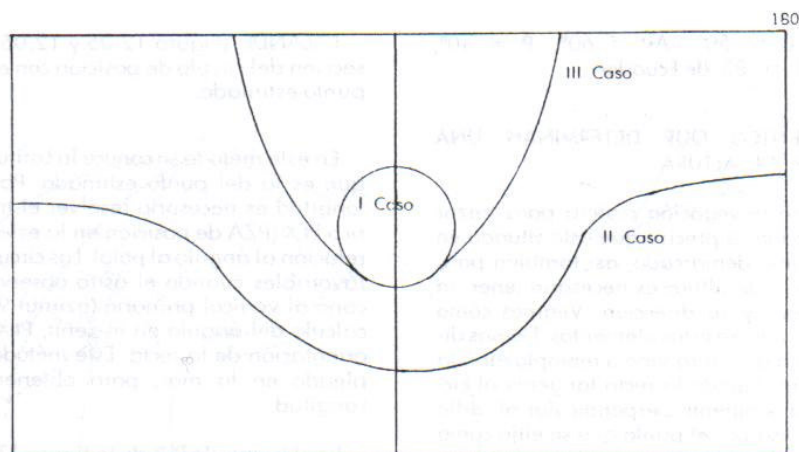


Figura 12.03-a

Como la curva de altura se confunde con la tangente misma en una extensión suficiente para poder considerar que el buque pueda estar sobre dicha tangente, resulta que la Recta de Altura constituye el lugar geométrico en que se encuentra la nave.

La curvatura además de depender de la magnitud de la distancia zenital; depende también de la posición que ocupa el polo de iluminación del astro sobre la carta, esto es, de su declinación; pues, como sabemos, la proyección Mercator va deformándose cada vez más desde el Ecuador hacia los polos. Tomando en cuenta estos elementos, el capitán Radler de Aquino, de la Armada Brasileira, ha construido una tabla en fun-

ción de la declinación, altura verdadera y horario del astro, que da la "semi longitud útil de la recta de altura", es decir, la extensión dentro de la cual, el error que se comete en la situación por falta de coincidencia de la recta con la curva, es menor de una milla.

La tabla da la semi-extensión útil "d", en minutos de Ecuador. Primeramente se entra a ella con la declinación en la columna D y cuadrando con la Av del astro se hallará un primer valor "d"; entrado de nuevo con d' en la primera línea horizontal correspondiente a D = 0° y con el ángulo al polo P en grados, de la columna P, se hallará el valor de "d" en minutos de Ecuador. Para convertir éstos en minutos de latitud, se dividirán por coseno de la latitud.

TABLA DE AQUINO

Para controlar la coincidencia de la recta con la curva de altura Semi-longitud útil de la recta de altura en minutos de Ecuador.

| P<br>ó<br>D | ALTURA VERDADERA DEL ASTRO |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     |      |
|-------------|----------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|------|
|             | 0°                         | 10°  | 20°  | 30°  | 40°  | 50°  | 55°  | 60°  | 65°  | 70°  | 75°  | 80° | 83° | 86° | 89° |      |
| 0°          | 83'                        | 82'  | 80'  | 77'  | 73'  | 67'  | 63'  | 59'  | 54'  | 49'  | 42'  | 35' | 29' | 22' | 11' | 180° |
| 10°         | 84'                        | 83'  | 81'  | 78'  | 73'  | 67'  | 63'  | 59'  | 54'  | 49'  | 43'  | 35' | 29' | 22' | 11' | 170° |
| 20°         | 86'                        | 85'  | 83'  | 80'  | 75'  | 69'  | 65'  | 61'  | 56'  | 50'  | 44'  | 36' | 30' | 23' | 11' | 160° |
| 30°         | 89'                        | 88'  | 86'  | 83'  | 78'  | 71'  | 67'  | 63'  | 58'  | 52'  | 45'  | 37' | 31' | 24' | 12' | 150° |
| 40°         | 95'                        | 94'  | 92'  | 88'  | 83'  | 76'  | 72'  | 67'  | 62'  | 55'  | 48'  | 39' | 33' | 25' | 13' | 140° |
| 50°         | 103'                       | 103' | 100' | 96'  | 91'  | 83'  | 78'  | 73'  | 67'  | 60'  | 53'  | 43' | 36' | 27' | 14' | 130° |
| 60°         | 117'                       | 116' | 114' | 109' | 103' | 94'  | 89'  | 83'  | 76'  | 67'  | 60'  | 49' | 41' | 31' | 15' | 120° |
| 70°         | 142'                       | 141' | 137' | 132' | 124' | 114' | 107' | 100' | 92'  | 83'  | 72'  | 59' | 49' | 37' | 19' | 110° |
| 80°         | 199'                       | 198' | 193' | 185' | 174' | 159' | 151' | 141' | 129' | 116' | 101' | 83' | 69' | 53' | 26' | 100° |
| 90°         |                            |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |     |     |     |     | 90°  |

Cuádrese la Declinación con la Av y se hallará d'; éntrese con d' en la línea horizontal correspondiente a D = 0° y con el P en la columna vertical y se hallará la semi-extensión útil en minutos de Ecuador (d).



EJEMPLO:  $D = 50^\circ$ ;  $Av = 60^\circ$ ;  $P = 40^\circ$ ;  
 $d' = 73'$  y  $d = 83'$  de Ecuador.

## 12.05 ELEMENTOS QUE DETERMINAN UNA RECTA DE ALTURA.

Así como en navegación costera para trazar una demarcación es preciso que esté situado en la carta el punto demarcado, así también para trazar una recta de altura es necesario tener un punto de apoyo y su dirección. Veamos cómo pueden determinarse estos elementos. Hemos dicho que la recta de altura vino a reemplazar a la curva de altura. Siendo la recta tangente al círculo, es por consiguiente perpendicular al radio esférico que pasa por el punto que se elija como determinativo. Pero la dirección del radio esférico no es otra cosa que, la dirección del azimut; de donde se deduce que la recta de altura es perpendicular al azimut tomado por el observador, siempre que esté en el "punto determinativo"; entendiéndose por punto determinativo o "determinante" de la recta, el punto por donde debe trazarse.

Para encontrar por el cálculo las coordenadas de un determinante (ubicación y dirección de la recta) vecino a un punto estimado, se puede proceder de tres maneras diferentes:

- 1º) Por el método de Borda.
- 2º) Por el método de Lalande.
- 3º) Por el método de Saint-Hilaire o del Intercepto.

**METODO DE BORDA.** (Figuras 12.05 y 12.05-a). "B" es la intersección del círculo de altura o de posición con el meridiano del punto estimado. Se conoce entonces, la longitud del punto B, que es la del punto estimado; para determinar la Latitud es necesario resolver el triángulo esférico PBX (PAZ de posición en la esfera celeste con relación al lado PZ, Colatitud). Las circunstancias son favorables cuando el astro esté en las cercanías del meridiano. El cálculo del ángulo PBX da el ángulo en el zenit y en consecuencia el azimut, y por consiguiente la dirección de la recta a 90 grados del azimut.

Este método no se emplea en la mar, salvo en el caso de la estrella Polar y de astros observados cerca del meridiano.

**LALANDE.** (Figura 12.05 y 12.05-b). "L", intersección del círculo de posición con el paralelo del punto estimado.

En este método se conoce la Latitud del punto L, que es la del punto estimado. Para obtener la longitud es necesario resolver el triángulo esférico PLX (PZA de posición en la esfera celeste con relación al ángulo al polo). Las circunstancias son favorables cuando el astro observado está cercano al vertical primario (azimut  $90^\circ$  o  $270^\circ$ ). El cálculo del ángulo en el zenit, PLX, nos dará la orientación de la recta. Este método es muy empleado en la mar, para obtener una buena longitud.

En el triángulo PLX de la figura 12.05-b; esto es PZA en la esfera celeste se conocen:

$$PL = 90 - \text{Latitud.}$$

$$PX = 90 - \text{Declinación.}$$

$$LX = 90 - \text{Altura verdadera.}$$

Estos elementos nos permiten calcular el ángulo al Polo, P, empleando la fórmula de Borda:

$$\text{Sen } P/2 = \sqrt{\frac{\cos S \text{ sen } (S - Av)}{\cos L \text{ sen } \Delta}}$$

donde  $S = \frac{1}{2} (L + Av + \Delta)$  y  $P/2$  será siempre menor de  $90^\circ$

Una vez calculado P, se deducirá el AHL del astro. La HmGr de la observación permitirá obtener del Almanaque Náutico el AHGr del astro. La diferencia entre el AHL y el AHGr de éstos, será la Longitud del lugar.

## EJEMPLO.

El 18 de Abril de 1978 siendo la Hzl = 17h 08m en zona horaria -8; en  $Le = 37^\circ 28' N.$  y  $Ge = 123^\circ 51' E.$ , se observó el Sol limbo inferior con  $Hcr = 08h 54m 39s$ ;  $Ea = 00h 13m 16s$ ;  $Ai = 13^\circ 40'$   $Ei = -1',5$ ;  $E. \text{ ojo} = 35 \text{ pies}$  y el  $Azv \odot = 273^\circ$ .

Se pide determinar la Longitud por la fórmula de Borda.

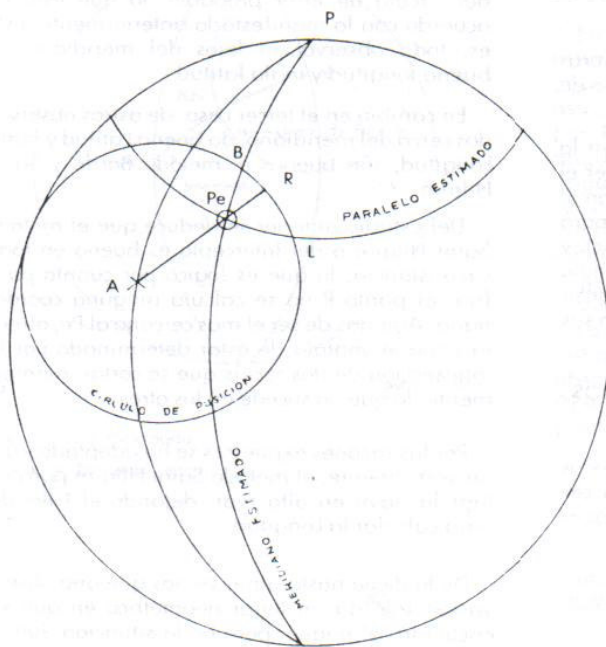


Figura 12.05

$$\begin{aligned}
 Hcr &= 08h \ 54m \ 39s \\
 Ea &= 00h \ 13m \ 16s \\
 HmGr &= 09h \ 07m \ 55s \quad (18 \text{ Abr.}) \\
 AHGr \odot &= 315^\circ \ 08',9 \\
 co &= 01^\circ \ 58',8 \\
 AHGr \odot &= 317^\circ \ 07',7 \\
 \\ 
 Ai \odot &= 13^\circ \ 40',0 \\
 Ei &= -1',5 \\
 Ao \odot &= 13^\circ \ 38',5 \\
 CT &= +6',4 \\
 Av \odot &= 13^\circ \ 44',9 \\
 L &= 37^\circ \ 28',0 \\
 \Delta &= 79^\circ \ 14',7 \\
 2S &= 130^\circ \ 27',6 \\
 S &= 65^\circ \ 13',8 \\
 S - Av &= 51^\circ \ 28',9
 \end{aligned}$$

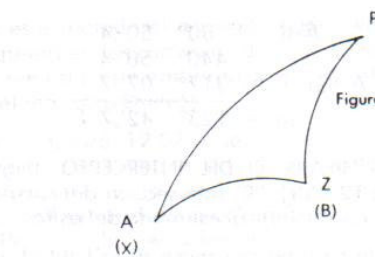


Figura 12.05-a

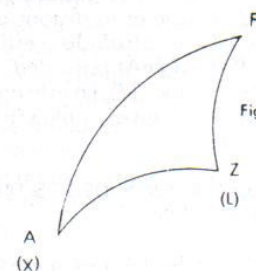


Figura 12.05-b

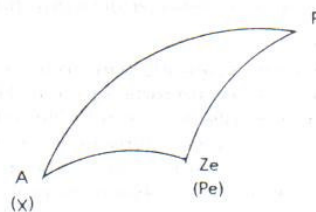


Figura 12.05-c

$$\begin{aligned}
 Hzi &= 17h \ 08m \\
 Zh &= -08h \ 00m \\
 HmGr \ ap &= 09h \ 08m \\
 \\ 
 D\odot &= 10^\circ \ 45',2 \ N. \quad d = 0,9 \\
 cod &= +0',1 \\
 D\odot c &= 10^\circ \ 45',3 \ N. \\
 \Delta &= 79^\circ \ 14',7 \\
 \\ 
 C1 &= -5',7 \\
 C2 &= +12',1 \\
 CT &= 6',4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{colg cos } L &= 0,10034 \\
 \text{colg sen } \Delta &= 0,00770 \\
 \text{log cos } S &= 9,62219 \\
 \text{log sen } S-Av &= 9,89343 \\
 2 \text{ log sen } P/2 &= 19,62366 \\
 \text{log sen } P/2 &= 9,81183 \\
 P/2 &= 40^\circ \ 25',2 \\
 P &= 80^\circ \ 50',4 \ W
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 \text{AHL} &= 80^\circ 50',4 \\
 &= 440^\circ 50',4 \\
 \text{AHGr } \odot &= 317^\circ 07',7 \\
 \text{Go} &= 123^\circ 42',7 \text{ E}
 \end{aligned}$$

SAINT-HILAIRE O DEL INTERCEPTO. (Figuras 12.05 y 12.05-c). "R" intersección del círculo de posición con el vertical estimado del astro.

En este caso no se conoce ni la Latitud, ni la Longitud del punto R, pero se puede resolver el triángulo PPeX (PZeA de posición) con relación al lado XPe (AZe) que es la distancia zenital, para deducir la "altura calculada o estimada" (Ac); y el ángulo PPeA (PZeA) para deducir el "ángulo en el zenit estimado" (Z). En este método se considera al observador en el punto estimado o en sus inmediaciones.

#### 12.06 COMPARACION DE LOS TRES METODOS. (Figura 12.06).

Veamos cual de los tres métodos o sistemas ofrece más ventaja, cualquiera que sea la circunstancia en que se observa un astro. (Figura 12.06).

Si desde el punto estimado (Pe), como centro, trazamos un círculo con un radio igual al "ERROR PROBABLE", que aceptemos como límite del cálculo de los elementos que se derivan de cada uno de los sistemas y consideramos como bueno aquel que quede dentro de este error probable, tendremos:

En el primer caso, figura 12.06, si el astro no está próximo ni al vertical primario ni al meridiano, los tres métodos son igualmente buenos, puesto que todos caen dentro del círculo de error probable.

En el 2º caso, si el astro está próximo al vertical primario, sólo son aceptables el Lalonde y Saint Hilaire, siendo erróneo el Borda por caer fuera del círculo de error probable; lo que está de acuerdo con lo manifestado anteriormente, esto es, toda observación lejos del meridiano da buena longitud y mala latitud.

En cambio en el tercer caso, de astros observados cerca del meridiano, da buena Latitud y mala Longitud; son buenos el método Borda y Saint Hilaire.

Del estudio anterior se deduce que el método Saint Hilaire o del Intercepto es bueno en toda circunstancia, lo que es lógico por cuanto para fijar el punto R no se calcula ninguna coordenada. Además de ser el más cercano al Pe, ofrece la enorme ventaja de estar determinado por la intersección de dos rectas que se cortan normalmente, lo que no sucede en los otros.

Por las razones expuestas se ha adoptado, casi universalmente, el método Saint Hilaire para situar la nave en alta mar, dejando el Lalonde para calcular la Longitud.

De lo dicho hasta aquí, vemos que una observación sólo da un lugar geométrico en que se encuentra el buque, pero no la situación; luego será necesario tener dos o más rectas de altura.

#### 12.07 METODO SAINT-HILAIRE O DEL INTERCEPTO. (Figura 12.07-a).

Hemos visto que este es el mejor método para encontrar el punto determinativo o "determinante" de la recta de altura y en consecuencia debe conocerse en detalle.

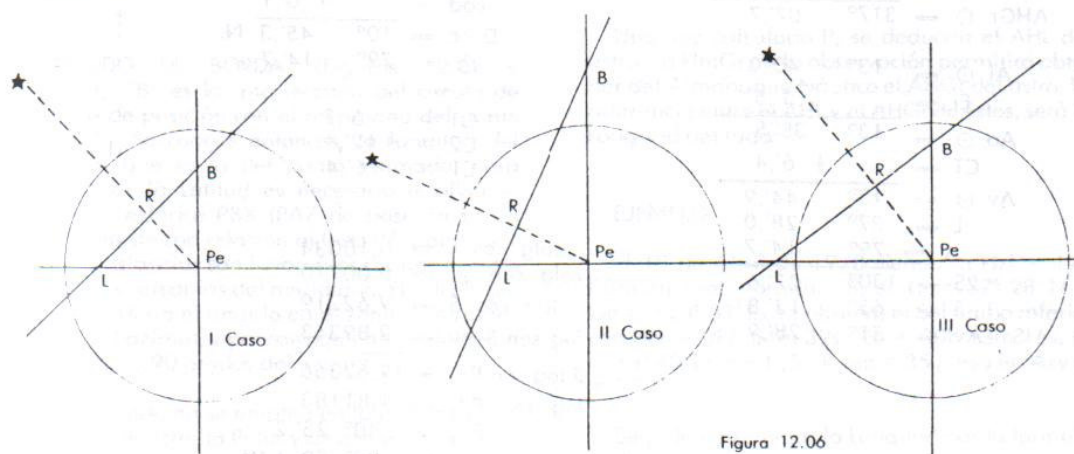


Figura 12.06

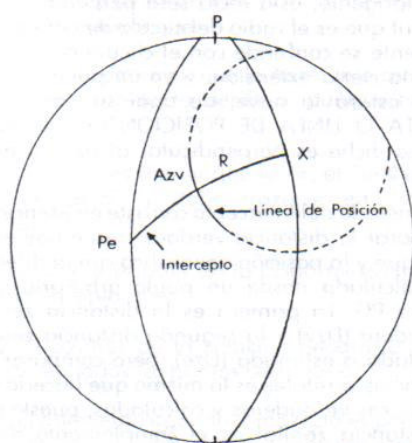


Figura 12.07-a

Pe X = Dz Calculada

R X = Dz Verdadera

En este método el navegante elige un punto cualquiera en las cercanías de la situación en la que cree estar; sin embargo, su punto estimado, será el más conveniente.

En la figura 12.07-a se tiene: Pe el punto estimado de la nave en el momento de la observación; X la posición geográfica del astro; PeX un arco de círculo máximo que pasa por Pe y X. Se ve además que la distancia angular PeX, que es igual a la distancia angular ZeA (Figura 12.05-c), en el triángulo correspondiente en la esfera celeste, es simplemente la "distancia zenital calculada" que se determina resolviendo el triángulo PZeA o PPeX (Figura 12.07-a); en cambio XR es la "verdadera distancia zenital"; la diferencia entre ellas es el arco PeR que se llama INTERCEPTO. La posición del punto R se determina por el acimut del astro observado que no es otro que el ángulo PPeX o PZA, y el valor del intercepto contado desde el punto estimado o adoptado.

En la figura 12.7-b, supongamos que la Dze sea  $50^\circ$ , el navegante deducirá que su punto estimado o el que haya sido elegido para el

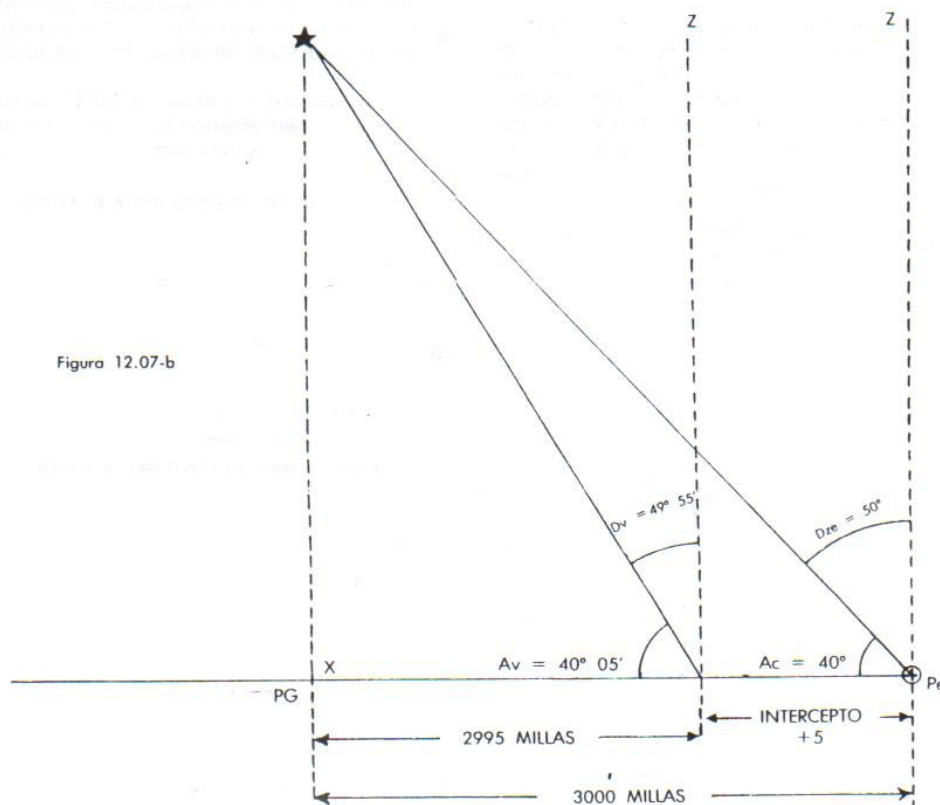


Figura 12.07-b



cálculo, está a 3000 millas de la posición geográfica. Pero si al mismo tiempo su  $Dzv$  es  $49^\circ 55'$ , deducirá que su verdadera distancia a la Posición Geográfica (PG) es sólo de 2.995 millas; es decir, su verdadera posición está 5 millas más cerca de la PG que la estimada por el cálculo. Además la situación del observador está en la circunferencia del círculo de posición; por consiguiente, si trazamos desde el punto estimado ( $Pe$ ) en la carta el azimut y marcamos sobre ésta una magnitud equivalente a 5 millas en dirección al astro, obtendremos el punto determinativo o determinante  $R$ , ya que el azimut coincide con el radio del círculo de posición en una pequeña extensión.

El punto  $R$  está a una distancia correcta de la PG, pero no es exactamente la situación de la nave, la cual está en alguna parte de la circunferencia del círculo de posición en las cercanías de  $R$ .

Sabemos que la tangente en un punto de la circunferencia es perpendicular al radio, luego si trazamos por el punto  $R$  del círculo de posición

una tangente, esta recta será perpendicular al azimut que es el radio del círculo de posición. La tangente se confunde con el círculo de posición en una cierta extensión, y en un punto de esta recta estará la nave, de aquí su nombre de "RECTA O LINEA DE POSICION" y que como hemos dicho es perpendicular al azimut en el punto  $R$ .

El método del Intercepto consiste en esencia en comparar la distancia verdadera que hay entre el buque y la posición geográfica con la diferencia calculada desde un punto arbitrario a la misma PG. La primera es la distancia zenital verdadera ( $Dzv$ ) y la segunda distancia zenital calculada o estimada ( $Dze$ ); pero comparar las distancias zenitales es lo mismo que hacerlo con las alturas verdaderas y calculadas, puesto que la distancia zenital es el complemento de la altura.

Tenemos entonces en la Fig. 12.07-b, que:

$$I = Dzc - Dzv$$

$$I = (90 - Ac) - (90 - Av)$$

$$I = 90 - Ac - 90 + Av$$

$$\text{entonces: } I = Av - Ac$$

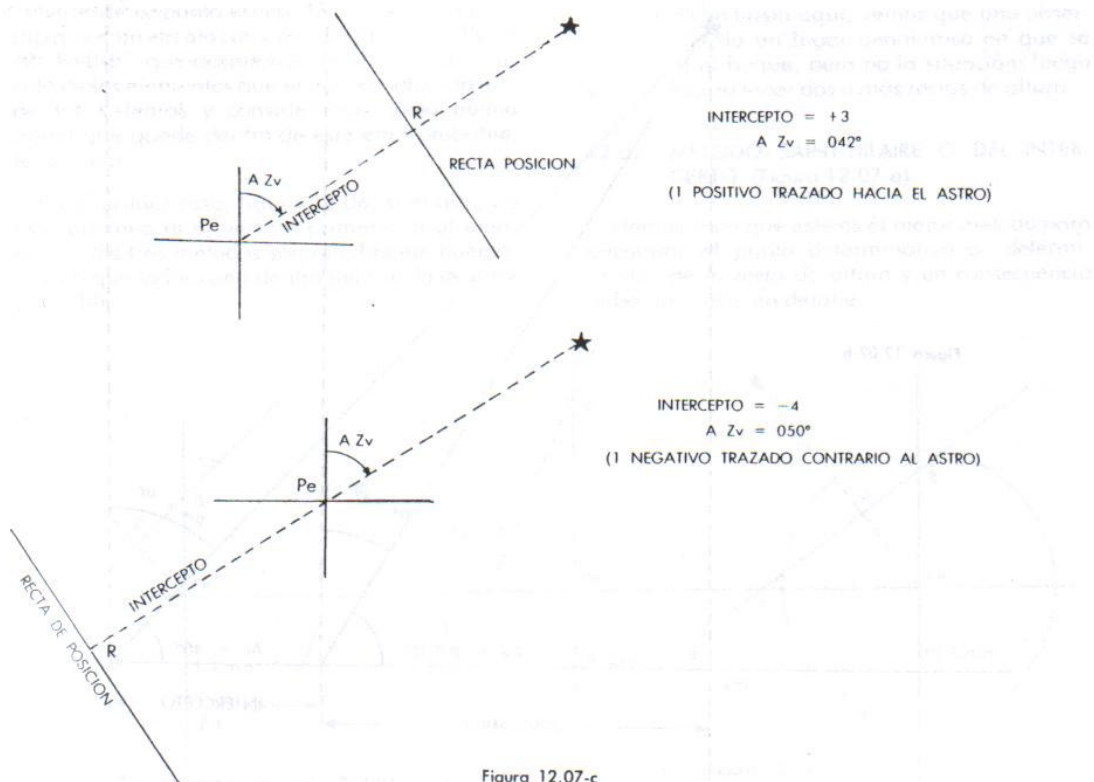


Figura 12.07-c

Fácilmente se ve en la figura 12.07-b y en la ecuación anterior que:

1) Si la  $A_v$  es mayor que la  $A_c$  el "intercepto" es "positivo" y se traza desde el punto estimado hacia el astro.

2) Si la  $A_v$  es menor que la  $A_c$ , el "intercepto" es "negativo" y debe trazarse en "sentido opuesto" al astro.

Cuando se trabaja en la Carta Mercator, este método acepta que:

a) El azimut de la posición geográfica es el mismo en todos los puntos cercanos a "R".

b) El intercepto trazado como recta es por consiguiente una loxodrómica que coincide con el círculo máximo del azimut.

c) La recta de posición es a su vez loxodrómica que coincide con el arco del círculo de posición en la parte indicada por la carta.

Estas aceptaciones se justifican en circunstancias normales, debido a que el error que introducen es despreciable y sólo cuando la altura es muy grande puede trazarse el círculo en la carta.

La Figura 12.07-c muestra el trazado de una recta en la carta con interceptos negativo y positivo.

Hemos visto que la recta de posición o de altura es un lugar geométrico, por lo que en un punto de ella se encontrará el observador. Para determinar el punto donde se encuentra, bastará obtener otra recta en el mismo instante, cuya intersección con la primera nos dará la situación verdadera. (Fig. 12.07-d).

$$1^{\text{a}} \text{ Recta } Azv = 056^{\circ} \quad I = +5'$$

$$2^{\text{a}} \text{ Recta } Azv = 310^{\circ} \quad I = -4'$$

La recta de posición que se determina de una observación puede ser empleada en forma similar a una demarcación; es decir:

1) No determina la posición del observador, sólo indica que se encuentra en una parte de ella.

2) Dos rectas de posición determinan la situación del observador, el que se encontrará en la intersección de ellas, en el momento de la observación.

3) Si transcurre un lapso más o menos grande entre ambas observaciones; la primera recta debe transportarse una distancia igual a la navegada por el buque en el intervalo.

Nota: El punto "R" que determina la ubicación de la recta hemos dicho que, se denomina "determinante" o "punto aproximado", por ser sus coordenadas las mejores que se tienen como probable situación de la nave en el momento de la observación.

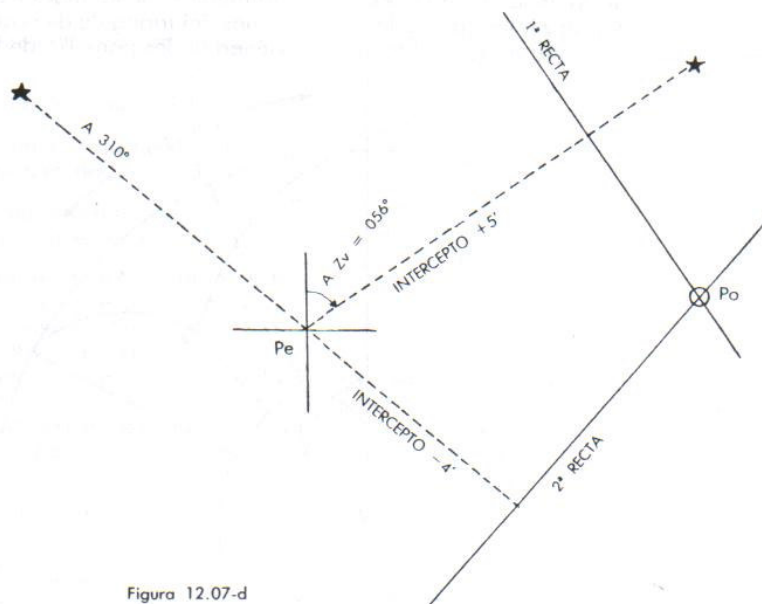


Figura 12.07-d



Conviene recordar que en los textos, tablas y otras publicaciones de navegación de EE.UU. e inglesas, el Intecepto no tiene los signos positivos (+) o negativos (-), sino que a continuación de su valor lleva las letras A (away) o T (toward) que significan respectivamente "hacia el astro" o "alejándose del astro", midiéndose también desde el punto estimado o adoptado.

## 12.08 CALCULO DE LA ALTURA Y AZIMUT DE UN ASTRO.

Para obtener el intercepto, hemos visto, que previamente tenemos que calcular la altura (Ac) del astro con los datos de nuestro punto estimado o el que hayamos adoptado y ver la diferencia con la altura verdadera. Tanto la altura calculada, como el azimut se obtienen mediante fórmulas trigonométricas aplicadas al triángulo de posición. En efecto; si en la figura 12.08, "Pe" representa el punto estimado de la nave en el momento de la observación del astro A, Ze será su zenit y P el polo elevado, puntos que determinan el triángulo de posición PZeA, en el que se conocen, si anotamos la hora de la observación:

PZe = Colatitud estimada  $(90 - L_e)$   
 PA = Distancia polar  $(90 - D)$   
 P = Angulo al polo

Usando las fórmulas trigonométricas pertinentes se puede determinar la altura calculada (Ac) como también el ángulo en el zenit (Z).

Se insiste que del cálculo de la "Altura calculada" se deriva la "distancia zenital calculada"; es decir, el arco de vertical entre el astro y el zenit

en el cual estima estar el observador; en cambio, la altura verdadera, tomada directamente nos da la "distancia zenital real" entre el astro y la verdadera posición del observador.

Calcular la altura y azimut por las fórmulas trigonométricas es largo y engorroso. En el puente se necesita rapidez y expedición de procedimiento. Por esta razón, se han confeccionado TABLAS que resuelven el método del Intecepto; algunas usan el punto estimado, otras usan uno arbitrario o adoptado para el cálculo. Las más usadas actualmente son la H.O. 214, H.O. 229 y H.O. 249, las que explicaremos a continuación.

## 12.09 TABLA H.O. 214.

Hemos dicho que en el método del intercepto el navegante elige un punto cualquiera en las cercanías de la posición en que él cree estar y que su punto estimado es el más conveniente. Por otra parte si hacemos variar las coordenadas terrestres con que se calcula una observación, la recta es la misma, varía solo la magnitud del intercepto o sea la altura calculada, permaneciendo el azimut casi igual en su valor numérico. Puede verificarse esto haciendo un ejemplo, en el que se varíen las coordenadas del punto estimado y trazando los interceptos y Azv en la carta se comprobará lo que se ha dicho.

La tabla H.O. 214 se usa indiferentemente con observaciones de sol, luna, planeta o estrellas. Consta de nueve volúmenes que consisten esencialmente en la tabulación de las diferentes soluciones del triángulo de posición, y cuyos valores vienen dados para  $10^\circ$  de latitud en cada volu-

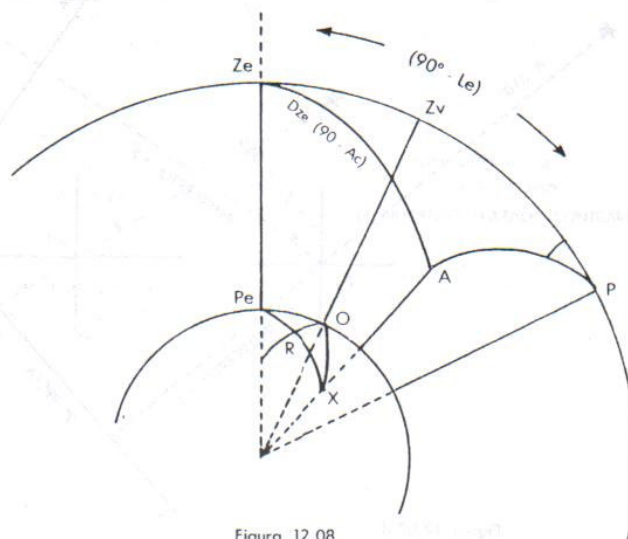


Figura 12.08

men. En estas tablas se ha tabulado la "altura y el ángulo en el Zenit" para todas las posibles combinaciones de:

a) Latitud de grado en grado desde  $0^\circ$  a  $89^\circ$  N. o S.

b) Declinación de medio en medio grado desde  $0^\circ$  hasta  $74^\circ 30'$  N. o S., omitiéndose los argumentos para declinaciones de los astros no usados comúnmente en navegación.

c) El ángulo al polo de grado en grado desde  $0^\circ$  a  $180^\circ$ , en algunos casos.

Las alturas tabuladas han sido calculadas por logaritmos de siete cifras asegurando una aproximación al décimo de minuto de arco; en cambio, el ángulo en el zenit da una aproximación al décimo de grado.

Los argumentos de entrada son:

a) La Latitud al grado. (Lat.)

b) La Declinación al medio grado. (Tabulada horizontalmente)

c) El ángulo al Polo al grado. (Columna H.A.)

La Tabla está arreglada para dar los valores tabulados cuando L y D son del mismo signo en las páginas de la izquierda (Declination Same name as Latitude), y cuando son de distinto signo en las de la derecha (Declination contrary name to Latitude); lo que es muy importante tener presente para evitar errores por entrar mal a la tabla.

Entrando con los elementos indicados en a, b y c se obtendrá:

1) La altura al décimo de minuto. (Alt.)

2)  $\Delta d$ , que representa la variación de la altura por cada minuto de arco en declinación.

3)  $\Delta t$ , que representa la variación de la altura por cada minuto de arco en el ángulo al polo.

4) El ángulo en el zenit (AZ) al décimo de grado. Este ángulo al zenit se cuenta desde el polo elevado del observador hacia el E. o W. según el signo del ángulo al polo el que reduciremos a azimut verdadero (ángulo al zenit reducido a graduación  $0^\circ - 360^\circ$ ). El valor del azimut es correcto para los valores con los cuales se entra a la tabla; y para trazar la recta no necesita corrección.

Si se desea una precisión extrema puede interpolarse.

Cuando es necesario hacer correcciones por los minutos de Latitud, una tabla especial en las

últimas páginas da esta corrección, que se indica por  $\Delta L$  y representa la variación de la altura por cada minuto de arco de Latitud.

La altura que se obtiene de las tablas es correcta para los valores con los cuales se entran en ellas, pero como por lo general, la declinación, ángulo al polo y Latitud difieren de la declinación, ángulo al polo y Latitud de entrada, habrá que hacer una corrección a la altura por estas diferencias, que se llama corrección por  $\Delta d$ ,  $\Delta t$ , y  $\Delta L$  respectivamente.

## 12.10 CORRECCION POR $\Delta d$ (Tabla H.O. 214).

Por ejemplo, supongamos que, en Latitud  $34^\circ 15' 5''$  S. se observó un astro que tiene un ángulo al polo de  $50^\circ 19' 6''$  E. y una declinación de  $15^\circ 33' 1''$  N.

A la tabla se entra con Latitud, declinación y ángulo al polo más próximo, es decir, con L. =  $34^\circ$  S., P. =  $50^\circ$  E. D. =  $15^\circ 30'$  N. y se obtienen los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \text{Alt} &= 21^\circ 21',0 & d &= 73 & \Delta t &= 66 \\ \text{AZ} &= \text{S. } 127^\circ,6 \text{ E} \end{aligned}$$

$\Delta d$  representa el cambio de altura en centésimos debido a una variación de  $1'$  de arco en declinación; si se multiplica " $\Delta d$ " por la diferencia, en este caso por  $3',1$ , se obtendrá la corrección por declinación que debe hacerse a la altura sacada de la tabla (At). En este ejemplo sería  $\Delta d \times 3',1 = 0,73 \times 3',1 = -2',3$ .

Para darle el signo a la corrección, debemos fijarnos como varían los valores de la "Altura" para las declinaciones tabuladas entre las cuales está la exacta.

NUNCA interpolar  $\Delta d$  ni  $\Delta t$ .

Para evitar la necesidad de multiplicar, al final del texto hay una tabla de multiplicación que da la corrección rápidamente. Su uso es como sigue:

Entrar con " $\Delta d$ " en la columna del lado izquierdo y con la diferencia de la declinación en minutos exactos, en la parte superior; donde cuadran estará la corrección a la que habrá que agregarle los décimos de minutos no corregidos y que se obtienen de la tabla del lado.

Calculemos por la tabla la corrección del ejemplo.

Se entra a la tabla con  $\Delta d = 73$  y diferencia  $3',0$  y obtiene una corrección =  $2,2$ . En la tabla



del lado entra con  $\Delta d = 73$  y en la parte superior con 0,1 y obtiene corrección = 0,1. En consecuencia la corrección total es  $2,2 + 0,1 = -2,3$  y es negativa en este caso; según se explicó anteriormente.

Esta corrección con su signo se aplica a la Altura tabulada (At).

NOTA: Cuando  $\Delta d$  es 1.0 sume o reste a la altura tabulada el número total de minutos de diferencia que hay entre la declinación real y la adoptada. Igual procedimiento adopte con  $\Delta t = 1.0$  para los minutos de diferencia entre los ángulos al polo.

#### 12.11 CORRECCION POR $\Delta t$ (Tabla H.O. 214).

De manera análoga al cálculo de la corrección  $\Delta d$ , se procede para el cálculo de  $\Delta t$ .

En la entrada inicial a la tabla en el ejemplo obtuvimos  $\Delta t = 66$  que representa el cambio de altura en centésimos, debido a una variación de un minuto de arco en el ángulo al polo; si se multiplica  $\Delta t$  por la diferencia, en este caso por 19',6, se obtendrá la corrección por ángulo al polo que debe hacerse a la altura sacada de la tabla (At).

$$t \times 19,6 = 0.66 \times 19,6 = -12,9$$

Para darle el signo a la corrección habrá que fijarse como varían los valores de la altura con relación al ángulo al polo. A mayor ángulo al polo, menor altura, luego la corrección tiene signo negativo, y vice-versa. En la tabla multiplicadora para obtener  $\Delta t$  se entra en la columna de la izquierda con  $\Delta t$  y en la parte superior con la diferencia del ángulo al polo en minutos exactos. En este ejemplo tenemos  $\Delta t = 66$  y diferencia de ángulo al polo 19' luego corrección = 12,5. Enseguida le agrega la corrección por los 0,6 no corregidos y que lo obtiene de la tabla adyacente entrando con  $\Delta t = 66$  y en la columna superior

con 0,6 y obtiene 0,4. La corrección será  $12,5 + 0,4 = -12,9$  (negativa según la regla anteriormente enunciada).

La corrección se aplica a la altura tabulada (At).

#### 12.12 CORRECCION POR $\Delta L$ (Tabla H.O. 214).

La corrección a la altura para la Latitud llamada  $\Delta L$ , se obtiene multiplicando el dato  $\Delta L$  por la diferencia en Latitud entre la Latitud estimada y la de entrada a la Tabla. El valor de  $\Delta L$  es el coseno natural del ángulo en el zenit, así que basta conocer este ángulo y la diferencia en latitud para obtener el producto. Para evitarse la multiplicación, cada volumen en sus últimas páginas, trae una tabla que la da rápidamente, entrando con el ángulo al zenit (Z) y la diferencia de las Latitudes.

Esta corrección puede ser positiva, depende de los valores numéricos de las Latitudes de entrada a la Tabla y de la estimada, y del ángulo en el zenit. "Cuando la Latitud estimada es más grande que la de entrada la corrección  $\Delta L$  lleva signo (-), y positivo (+) en caso contrario, siempre que el ángulo en el zenit sea mayor que 90°. Cuando el "Z" es menor que 90° se cambian los signos.

En el ejemplo del párrafo 12.10 que hemos estado haciendo, tenemos que la Latitud es 34° 15',5 S. y como entramos a la tabla con Latitud 34°, debemos corregir  $\Delta L$  para 15',5. Para ello entramos a la tabla con  $Z = 127^{\circ},6$  (128°) en la columna "AZ" y en la parte superior con la diferencia de la Latitud estimada con la de entrada a la tabla al minuto, 15' y se obtiene  $\Delta L = 9,2$ . A este dato le agregamos los décimos de minuto no corregidos (0,5) que se sacan de la tabla adyacente y obtiene 0,3 entonces el  $\Delta L = 9,2 + 0,3 = -9,5$  y será negativo de acuerdo con la regla anteriormente citada. La corrección, igual que las otras calculadas se aplica a la altura tabulada (At.).

Resumiendo; el ejemplo anterior queda en la forma siguiente:

|                          |                 |                                         |
|--------------------------|-----------------|-----------------------------------------|
| P = 50° 19'.6 E.         | Z = S 127°.6 E. | $\Delta t = 66$ co. para 19'.6 = -12'.9 |
| D $\odot$ = 15° 33'.1 N. | AT = 21° 21'.0  | $\Delta d = 73$ co. para 3'.1 = - 2'.3  |
| Le = 34° 15'.5 S.        | CT = -24'.7     | $\Delta L =$ co. para 15'.5 = - 9'.5    |
|                          | Ac = 20° 56'.3  | CT = -24'.7                             |
|                          | Azv = 052°.4    |                                         |

### 12.13 CALCULO DE LA RECTA POR TABLA H.O. 214.

En el uso de la Tabla H.O. 214 pueden presentarse tres casos de acuerdo con el punto desde el cual se desea trazar la recta, que son:

1) Usando el punto estimado y haciendo corrección por  $\Delta d$ ,  $\Delta t$  y  $\Delta L$ .

2) Usando una Latitud adoptada y la Longitud del punto estimado, haciendo corrección por  $\Delta d$  y  $\Delta t$ .

3) Usando un punto adoptado tanto en Latitud como en Longitud, para hacer la corrección sólo por  $\Delta d$ .

Veremos separadamente cada uno de estos casos.

Calcular la recta (I y Azv).

$$\begin{aligned}
 Hcp &= 10h \ 43m \ 27s \\
 cp &= 03h \ 51m \ 58s \\
 Ea &= 00h \ 09m \ 17s \\
 HmGr &= 14h \ 44m \ 42s \quad (28MAR) \\
 AHGr\odot &= 28^\circ \ 43',1 \\
 Co &= 11^\circ \ 10',5 \quad d = +1 \\
 AHGr\odot co &= 39^\circ \ 53',6 \\
 Ge &= 77^\circ \ 03',0 \ W. \\
 P &= 37^\circ \ 09',4 \ E.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 P &= 37^\circ \ 09',4 \ E & Z &= S \ 126^\circ,5 \ E = Azv \ 053^\circ,5 \\
 Do &= 03^\circ \ 00',0 \ N & At &= 41^\circ \ 38',8 \\
 Le &= 30^\circ \ 26',0 \ S & CoT &= -22',0 \\
 & & Ac &= 41^\circ \ 16',8
 \end{aligned}$$

$$Azv = 053^\circ,5$$

### CASO I. USANDO EL PUNTO ESTIMADO.

Si el navegante desea trazar su recta desde el punto estimado (Pe) tendrá que entrar a la tabla con los argumentos siguientes:

a) Latitud en el grado entero más próximo a la estimada.

b) Declinación al medio grado entero más próximo a la exacta para la HmGr de la observación.

c) El ángulo al polo al grado entero más próximo.

Hará enseguida correcciones por  $\Delta t$ ,  $\Delta d$  y  $\Delta L$  para corregírselas a la Altura Tabulada (At) y obtener la altura calculada (Ac).

#### EJEMPLO:

El 28 de Marzo de 1978, navegando de Juan Fernández a Iquique, estando en  $Le = 30^\circ \ 26' \ S.$  y  $Ge = 77^\circ \ 03' \ W.$ , se observó recta de Sol a las Hzl 1043 Zh + 4 y obtuvo  $Ai\odot = 41^\circ \ 14',3$   $Hcp = 10h \ 43m \ 27s$   $cp = 03h \ 51m \ 58s$   $Ea = 00h \ 09m \ 17s$   $E \ o \ j \ o = 25 \ p \ i \ e \ s$   $Ei = -1',5$ .

$$\begin{aligned}
 Hzl &= 10h \ 43m \quad (28 \ MAR.) \\
 Zh &= 04h \ 00m \\
 HmGrap &= 14h \ 43m \\
 D\odot &= 02^\circ \ 59',3 \ N. \\
 Co \ d &= +0',7 \\
 D\odot co &= 03^\circ \ 00',0 \ N.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \Delta t &= 70 \text{ co para } 09,4 = -6',6 \\
 \Delta d &= 72 \text{ co para } 0,0 = 0',0 \\
 \Delta L &= \text{co para } 26,0 = -15,4 \\
 CoT &= -22',0
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ai\odot &= 41^\circ \ 14',3 \\
 Ei &= -1',5 \\
 Ao\odot &= 41^\circ \ 12',8 \\
 Dis &= -4',9 \\
 Aap\odot &= 41^\circ \ 07',9 \\
 CT &= +15',2 \\
 Av &= 41^\circ \ 23',1 \\
 Ac &= 41^\circ \ 16',8 \\
 I &= +6',3
 \end{aligned}$$



### CASO II. USANDO UNA LATITUD ADOPTADA (La) Y LA LONGITUD ESTIMADA (Ge).

Si se desea trazar la recta apoyándose en la Longitud estimada y en el grado entero de Latitud más próximo a la Latitud estimada, llamada Latitud Adoptada, tendrá que entrar a la Tabla con los siguientes elementos.

a) Latitud adoptada que siempre será al grado entero.

#### EJEMPLO:

Tomemos los datos del mismo ejemplo del párrafo 12.13, Caso I; para una HmGr = 14h 45m 00,0s.

|                                |                                       |
|--------------------------------|---------------------------------------|
| HmGr == 14h 45m 00s, (28 MAR.) | Z == 04h 00m                          |
| AHGr☉ == 28° 43',1             | HmGr ap == 14h 43m                    |
| Co == 11° 15',0 d = +1         | D☉ == 02° 59',3 N.                    |
| AHGr☉co == 39° 58',1           | Co d == + 0',8                        |
| Ge == 77° 03',0 W.             | D☉co == 03° 00',1 N.                  |
| P == 37° 04',9 E.              | Azv = 053° 5' Δt = -70 cor Δt = -3',4 |
| Do == 03° 00',1 N.             | Δd = -72 cor Δd = -0',1               |
| La == 30° 00',0 S.             | CT == -3',5                           |
|                                | CT == -3',5                           |
|                                | Ac == 41° 35',3                       |
|                                | Ai ☉ == 41° 14',3                     |
|                                | Ei == - 1',5                          |
|                                | Ao☉ == 41° 12',8                      |
|                                | Dip == 4',9                           |
|                                | Aap☉ == 41° 07',9                     |
|                                | CT == +15',2                          |
|                                | Av == 41° 23',1                       |
|                                | Ac == 41° 35',3                       |
|                                | I == -12',2                           |

Azv = 053°,5

### CASO III. USANDO UN PUNTO AUXILIAR O ADOPTADO

El método ofrece una solución corta y sencilla. Los argumentos de entrada son:

a) La latitud al grado entero más próximo a la estimada.

b) La declinación al medio grado entero más próximo a la exacta para la HmGr de la observación.

b) Declinación al medio grado entero más próximo a la exacta para la HmGr de la observación.

c) El ángulo al polo al grado entero más próximo.

Se harán entonces correcciones por Δt y Δd para corregir la altura tabulada (At) y obtener la altura calculada (Ac).

|                          |
|--------------------------|
| Hzi == 10h 43m (28 MAR.) |
| Z == 04h 00m             |
| HmGr ap == 14h 43m       |
| D☉ == 02° 59',3 N.       |
| Co d == + 0',8           |
| D☉co == 03° 00',1 N.     |
| Ai ☉ == 41° 14',3        |
| Ei == - 1',5             |
| Ao☉ == 41° 12',8         |
| Dip == 4',9              |
| Aap☉ == 41° 07',9        |
| CT == +15',2             |
| Av == 41° 23',1          |
| Ac == 41° 35',3          |
| I == -12',2              |

c) El ángulo al polo al grado entero más próximo

Se hace solo corrección por Δd. El punto adoptado que se emplee resulta de tomar la latitud al grado entero más próximo a la estimada y la longitud tomando los grados enteros de la estimada y los minutos y décimos exactos del ángulo horario de Greenwich del Sol. (AHGr☉).

EJEMPLO:

Tomemos los datos del mismo problema del párrafo 12.13, caso I:

[illegible]



despreciar; pero si navega a alta velocidad o el intervalo entre las observaciones es grande, debemos transportar la primera para obtener una buena posición en el momento de la 2ª observación. Las rectas se calcularán con sus respectivos puntos adoptados en la forma que ya ha sido explicada, y la situación del buque se obtendrá empleando cualquiera de los métodos siguientes:

1er. Método. Trazando directamente las dos rectas en la carta de navegación o en una carta plotting. La intersección de las dos rectas da la situación.

2º Método. Haciéndolo gráficamente.

#### 1er METODO: TRAZANDO LAS RECTAS EN LA CARTA DE NAVEGACION O EN UNA CARTA PLOTTING.

Se presentan dos casos:

a) Cuando el cálculo se hizo empleando el mismo Punto Estimado en las dos observaciones.

b) Cuando el cálculo de las rectas se hizo con Puntos Adoptados diferentes.

En el primer caso se procede a situar el punto estimado y a trazar desde ese punto el azimut e intercepto de cada una de las observaciones. La intersección de las rectas dará la situación del buque.

En el segundo caso, habrá que situar en la carta cada una de los puntos adoptados que se usó en el cálculo de cada recta y, desde el respectivo punto, se hará el trazado de la recta. La intersección de ellas da la situación.

Las cartas plotting son cartas en proyección Mercátor, para resolver problemas aislados de navegación o tácticos. Consisten en una red de meridianos y paralelos, a escala conveniente para apreciar al minuto y con una rosa verdadera al centro.

Cada carta abarca una determinada área en Latitud N. o S. y Longitud a necesidad del navegante. Estas cartas permiten resolver todo problema de navegación, debiendo tener cuidado de usar el lado correspondiente, cuando se trabaja en el hemisferio Norte o Sur, tanto en la escala de Latitud como en la rosa.

#### 2º METODO: GRAFICAMENTE.

Este método estará obligado a emplearse cuando por algún motivo no puede usarse la carta de navegación y no haya abordo existencia de carta plotting.

Se presentan dos casos, iguales al del 1er. método:

a) Cuando el cálculo se hace con el mismo Punto Estimado en las dos observaciones.

b) Cuando el cálculo de las rectas se hace con Puntos Adoptados diferentes.

En el primer caso se sitúa el punto estimado y por este punto se trazan los azimutes, interceptos y rectas respectivas.

En el 2º caso se sitúa cada punto adoptado y por ellos se traza la respectiva recta de altura.

La intersección de las rectas da la situación (P.O.).

En ambos casos para situar los puntos estimados o adoptados y trazar las rectas, es necesario contar con una escala de latitudes, cuya construcción se explica a continuación.

#### CONSTRUCCION DE UNA ESCALA DE LATITUDES.

Una recta horizontal dividida en partes iguales, será la escala de longitudes.

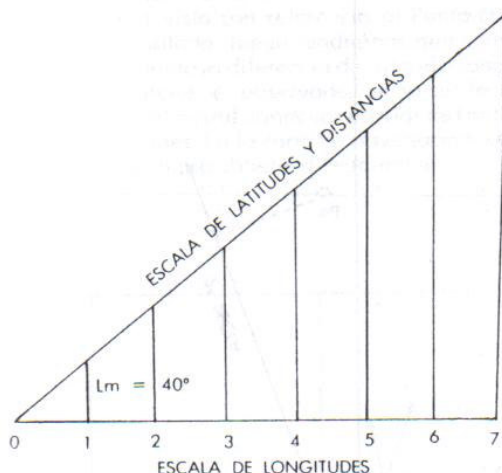
Por un extremo de esta recta se copia un ángulo igual a la Latitud media.

Por las divisiones de la recta horizontal se levantan perpendicularmente hasta que corten a la recta inclinada del ángulo copiado, quedando así construída la escala de latitudes. En esta parte de la escala se miden las Latitudes, distancias e intercepto.

En la escala de Longitudes solamente éstas.

Mayor información sobre esta materia se encuentra en el capítulo II, párrafo 2.08 de este Manual, donde se explica el método gráfico para construir una carta Mercátor.

EJEMPLO: Construir una escala de Latitud en Lat.  $40^{\circ}$  S.



1 cm = 1 MILLA en la escala de Longitudes

NOTA:

a) No olvidar que para tener una buena intersección es conveniente que el ángulo en el cual se cortan las rectas no sea menor de  $30^{\circ}$  ni mayor de  $150^{\circ}$ .

b) Los valores del intercepto deben tomarse en la escala de Latitudes al igual que las distancias.

c) Tenga presente que los interceptos se trazan desde el punto estimado o del adoptado hacia el astro cuando son positivos y en sentido contrario, cuando son negativos.

#### 12.16 SITUACION POR DOS RECTAS CON INTERVALO NAVEGADO ENTRE ELLAS.

Hay ocasiones en que las observaciones de dos rectas no pueden hacerse en forma casi simultánea por carencia de astros observables. También puede ocurrir que la velocidad a que navega el buque sea alta, y en este caso la distancia navegada entre la primera y segunda observación sea mucho para no considerarla.

Cuando se presenten estos casos, para obtener la situación habrá necesidad de transportar la 1ª recta al momento de la segunda observación. La intersección de la primera con la segunda recta dará la situación de la nave.

Supongamos que cierto día, en Latitud y Longitud estimada, se observó el Sol a las 1043 horas con corredera  $78'$  y se obtuvo  $l = +14',0$   $Azv = 055^{\circ}$ .

Posteriormente a las 1620 horas con corredera  $108'$  se observó una segunda recta de Sol, habiendo navegado en el intervalo al  $Rv = 070^{\circ}$ , obtuvo  $l = -10'$  y  $Azv = 290^{\circ}$  (figura 12.16). Para obtener la situación se puede proceder de las siguientes maneras:

1) Trabajando en la misma carta de navegación o en carta plotting.

2) Por tabla de estima y gráfico.

TRABAJANDO EN LA CARTA DE NAVEGACION O EN LA DE PLOTTING. (Figura 12.16).

a) Se sitúa en la carta el punto correspondiente a la "Latitud y Longitud" que se empleó en el cálculo de la 1ª recta. (Punto estimado o el adoptado).

b) Desde ese punto con su  $Azv = 55^{\circ}$  y el Intercepto  $= +14'$  traza la primera recta de posición.

c) Desde el punto determinante "R" trace su estima hacia el momento de la segunda observación, ( $Rv = 070^{\circ}$  Distancia  $30'$ ), fijando el Pe.

d) Por el punto estimado anterior, trace una paralela a la primera recta que será la "recta transportada".

e) Calcule la recta correspondiente a la 2ª observación, pudiendo, si lo desea, emplear para el cálculo el sistema de punto adoptado.

f) Desde este último punto estimado o del adoptado, según el punto con que se calculó la 2ª recta, trace con su  $Azv = 290^{\circ}$  e  $l = -10'$ , la recta correspondiente a la segunda observación.

g) La intersección de la 1ª recta transportada con la 2ª recta dará la situación.

NOTA: Tenga presente que la 1ª recta se transporta siempre hasta el punto estimado de la 2ª observación y NO hasta Punto Adoptado.

#### USANDO LA TABLA DE ESTIMA Y GRAFICO.

Al determinar una situación por observaciones de astros con intervalo navegado, empleando la tabla de estima, en lugar de llevarlo en la carta, se procede en la forma siguiente:

a) Con la primera observación se calcula la recta de posición ( $l$  y  $Azv$ ).



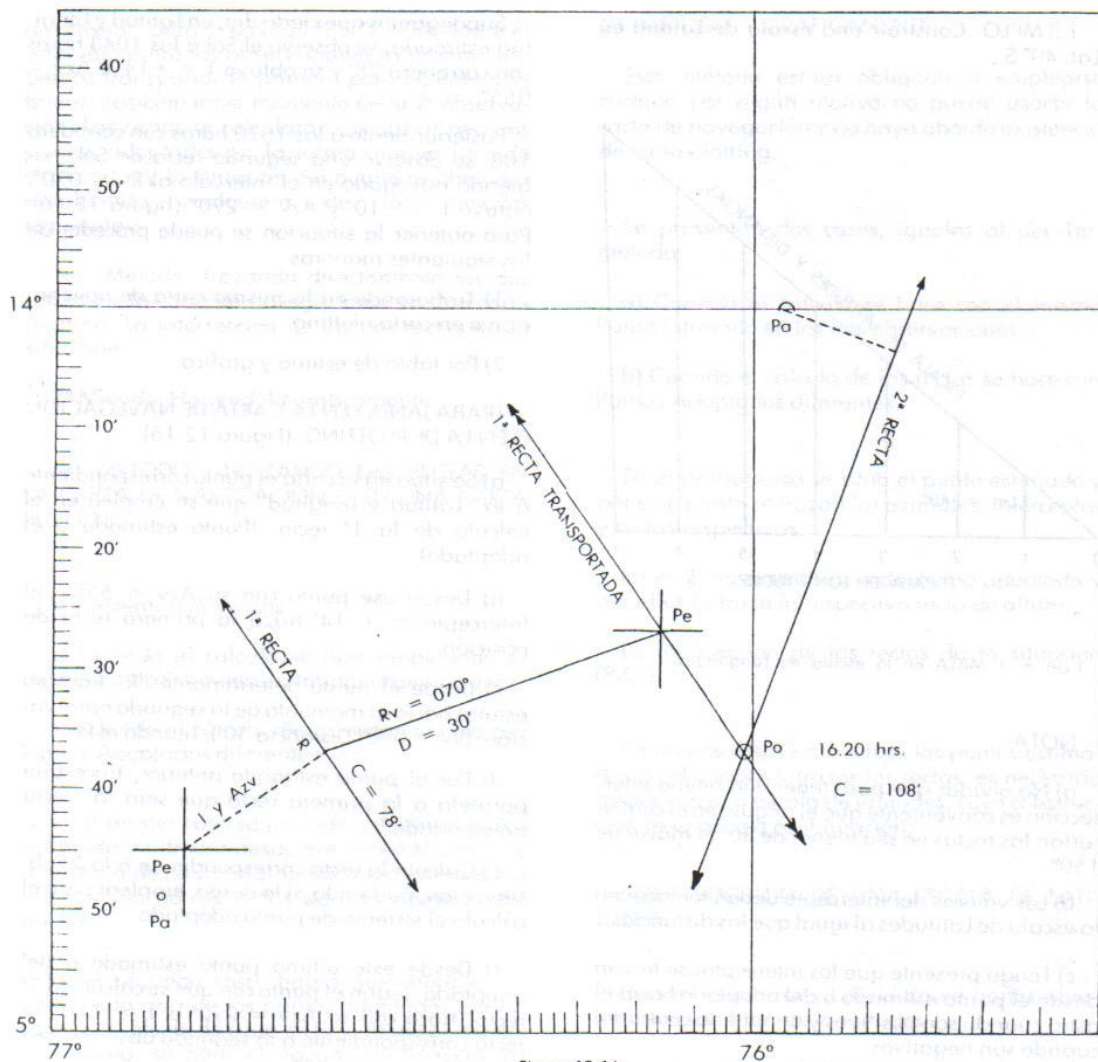


Figura 12.16

b) Hace la estima por la Tabla N° 3 desde la primera observación hasta la segunda, partiendo del punto estimado o adoptado, según el que haya empleado en el cálculo de la recta, "debiendo considerarse en esta estima, el azimut verdadero como rumbo y el intercepto como distancia navegada. En el caso que el intercepto sea negativo, se usará como rumbo la recíproca del azimut".

c) Obtenido del cuadro de estima el "I" y "g" se les corrige al punto estimado o adoptado que, como hemos dicho, se haya tomado para el cálculo de la 1ª recta, obteniéndose el punto estimado en el momento de la 2ª observación.

d) En base a este último punto estimado, se calcula la segunda recta (I y Azv).

e) Para determinar las coordenadas del Punto Observado en el momento de la 2ª observación, haga un gráfico en la carta de navegación o en la carta plotting, o bien a escala, en la forma que se indica a continuación:

1) Sitúe el Punto Estimado y por este punto trace su primera recta transportada (Pasa por el punto estimado y a 90° de su azimut).

2) Desde el mismo punto estimado o del Punto Adoptado, según el usado para el cálculo de la 2ª recta, trace su Azv y el Intercepto.

3) La intersección de la 1ª con la 2ª recta da la posición de la nave (Po).

En el gráfico a escala, esta posición está dada como hemos visto con referencia al Punto Estimado o Adoptado, luego tendremos que corregirle a este punto la diferencia de Latitud y Longitud para obtener el observado. Se sacan fácilmente del gráfico utilizando las escalas de Latitud y Longitudes. En la carta de navegación o en la carta plotting se obtiene directamente.

EJEMPLO DEL METODO GRAFICO. (Fig. 12.16-a).

1ª recta,

$$Azv = 077^\circ$$

$$La = 14^\circ 00' \text{ S. } Ga = 133^\circ 58' 0 \text{ W.}$$

2ª recta,

$$I = +5'.5 \quad Azv = 290^\circ$$

Pe en el momento de la 2ª observación.

$$Le = 13^\circ 50' \text{ S.}$$

$$Ge = 133^\circ 51' \text{ W.}$$

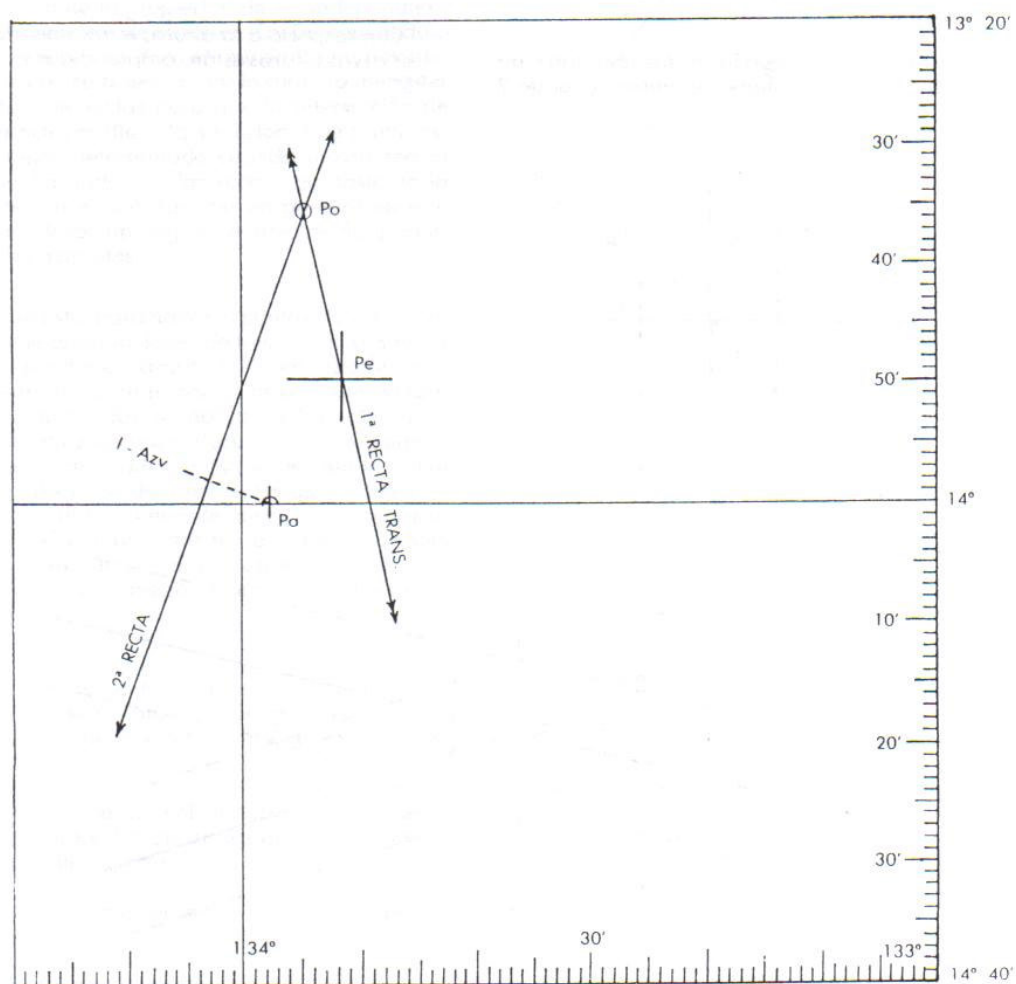


Figura 12.16-a



## 12.17 SITUACION POR TRES RECTAS.

Hemos manifestado que para obtener una buena situación las rectas deben cortarse con un ángulo no menor de  $30^\circ$ , ni mayor de  $150^\circ$ .

Si en la figura 12.17-a, aceptamos en cada una de las rectas un error probable de 2 millas, el paralelogramo que se forma será el área probable en que puede estar la nave.

Así, cuando las rectas se cortan normalmente, puede encontrarse en alguno de los puntos "a" a dos millas de la intersección, o bien, en algunos de los puntos "b" a 2,8 millas, máxima separación.

Similarmente, cuando las rectas se cortan a un ángulo de  $30^\circ$  y aceptamos el mismo error de 2

millas en las rectas, los puntos "b" tendrán hasta 8 millas de diferencia con la intersección origen. Vemos, entonces, que la incertidumbre en la situación, que se deriva de la observación de dos astros, es mínima cuando las rectas se cortan a  $90^\circ$  y aumenta con el aumento o disminución del ángulo entre ellas, siendo máxima cuando la hacen con una incidencia de  $30^\circ$  ó  $150^\circ$ . En consecuencia el navegante observará, de preferencia, astros separados  $90^\circ$  en azimut. El ideal es observar uno al Norte o Sur y otro al Este o Oeste; o bien, uno por la proa o popa y el otro por la cuadra; el primero le permitirá determinar lo que en realidad ha navegado el buque y el segundo verificar el rumbo navegado.

Con respecto a la altura, es recomendable astros cuyas alturas están comprendidas entre  $15^\circ$  y  $75^\circ$ .

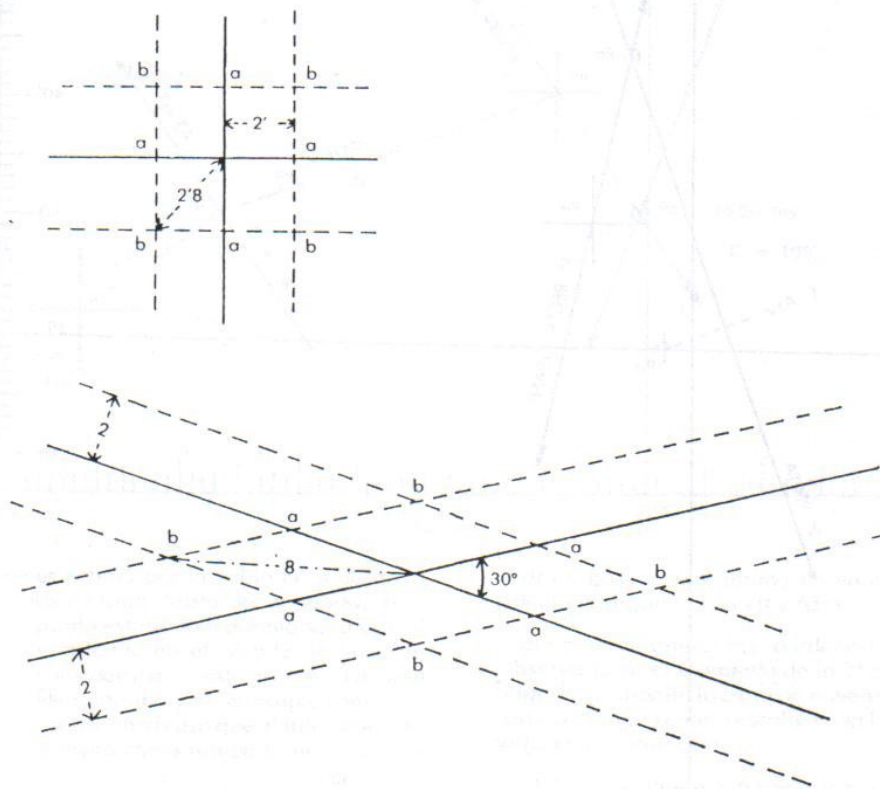


Figura 12.17-a

Téngase presente, que en todo caso conviene tener la situación en el momento de la última observación y no es aconsejable operar hacia atrás.

Si tres o más rectas se cortan en un punto, no hay duda que el buque está en la intersección de ellas, pero si tres rectas no se cortan en un punto formarán un triángulo, y cuatro un cuadrilátero.

Sobre lo anterior el Capitán Alessio, de la Armada Italiana, después de numerosas observaciones, comprobó que la bisectriz del ángulo formado por los azimutes de dos rectas que se cortan, gozan de la propiedad de ser independientes de los errores de observación. De aquí dedujo que dos rectas no dan, en general, una posición segura sino su bisectriz, por lo cual era menester calcular tres rectas para que la intersección de dos bisectrices diera la situación. Este punto estará mejor determinado cuando mayor sea el ángulo formado por las rectas; no obstante la intersección es satisfactoria en general en este método, desde un ángulo mínimo de 50 grados, entre los azimutes.

Según esto, para hallar el punto observado por medio de observaciones de tres astros, se situará primeramente en la carta el  $P_e$  por sus coordenadas; enseguida se trazarán los azimutes verdaderos; sobre ellos se aplicarán los interceptos atendiendo a sus respectivos signos y empleando para sus magnitudes la escala de Latitudes. Por cada uno de los determinantes así hallados se trazará la recta o línea de posición (perpendicular al  $Az_v$ ) y si las rectas no se cortan en un sólo punto, formarán un triángulo, que será tanto más pequeño cuanto menores sean los errores acumulados.

Hecho esto, se trazarán por sus vértices las bisectrices de los ángulos formados por los azimutes dos a dos y el encuentro de éstas dará el punto.

Los errores de cada observación podrán deducirse, midiendo las distancias desde ese punto a cada una de las rectas.

En esta forma el punto observado puede hallarse:

- Dentro del triángulo.
- Fuera del triángulo.
- Sobre una de las rectas.

Las figuras 12.17-b y 12.17-c representan los gráficos correspondiente al primero y segundo caso respectivamente.

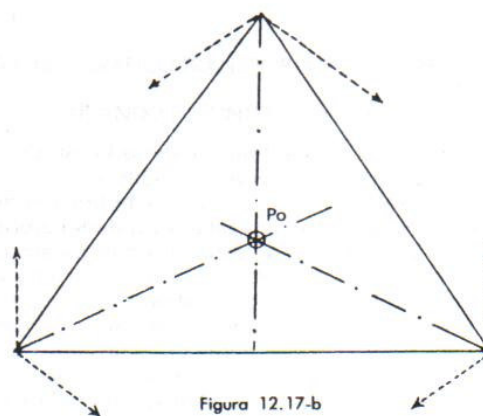


Figura 12.17-b

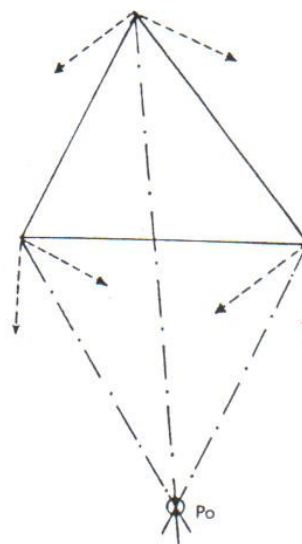


Figura 12.17-c



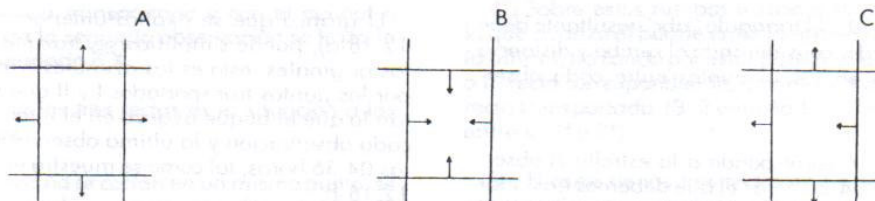


Figura 12.17-f

Ya hemos visto que si se puede observar astros al Norte, al Sur, al Este y al Oeste del observador se obtendrá la mejor situación.

En la figura 12.17-f, vemos este caso mostrando las rectas de altura o líneas de posición de 4 estrellas, con sus demarcaciones que indican las flechas.

Mirando la figura 12.17-f (A y B) también se puede notar que la situación se encuentra dentro del cuadrado y que la Latitud y Longitud son de confianza. En cambio en C, la Latitud es de confianza y la Longitud es dudosa.

Cualquiera que sea el sistema que se use es de absoluta necesidad primero transportar todas las rectas observadas al momento de la última observación para así obtener una situación exacta, como veremos a continuación. Solamente cuando el buque está estacionario, o el avance del buque es sumamente reducido, puede omitirse el transporte de las rectas.

## 12.18 GRAFICO TRANSPORTANDO LAS RECTAS.

### I.- USANDO EL PUNTO ESTIMADO.

Cada observador prefiere tomar personalmente las alturas, lo que hace imposible la simultaneidad. Otras veces se procede a observar cada estrella a medida que va viendo el horizonte en la madrugada; o bien, cuando se van viendo éstas en la tarde. El lapso entre cada observación puede variar considerablemente, lo que depende de la magnitud del crepúsculo y de las condiciones de nubosidad del cielo o visibilidad del horizonte, cada observación necesita "su hora" precisa, pero el "Pe" puede ser común para todas, siempre el de la última.

Cuando la observación no es simultánea, habrá necesidad entonces de transportar cada recta calculada al momento de la última observación.

En la figura 12.18-a, tenemos las rectas de tres estrellas A, B y C, observadas sucesivamente a las 04.30 - 04.34 - 04.36 horas, sus rectas Aa, Bb y Cc, fueron calculadas, basándose en el Pe de

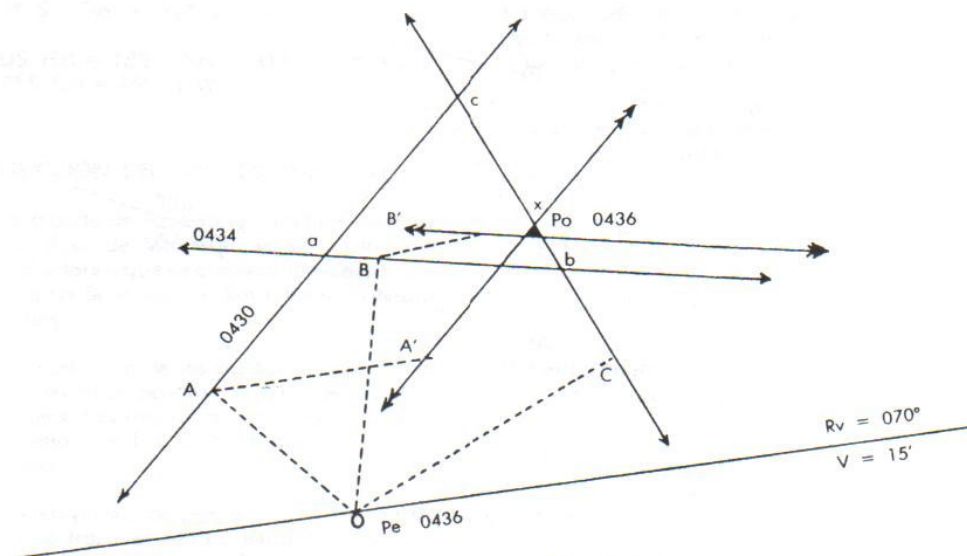


Figura 12.18-a

las 04.36 "O". El triángulo "abc" resultante debe ser corregido, considerando el rumbo y distancia navegada en los intervalos entre cada observación.

El punto A corresponde a la estrella A observada a las 04.30 horas el que debemos trasladar paralelamente al  $R_v = 070^\circ$  la cantidad AA' igual a lo que avanzó la nave en el intervalo, esto es, en 6 minutos a 15 nudos son  $1\frac{1}{2}$  millas. Por este punto A' trazamos A'X paralela a Aa; A'X representa la recta transportada del astro A a las 04.36 horas. De la misma manera se procede con el astro B, trasladándola  $\frac{1}{2}$  milla que corresponde a los dos minutos navegados entre la segunda y tercera observación y B'X será la recta transportada del astro B a las 04.36 horas. La intersección de las tres rectas a las 04.36, momento de la última observación, es la situación de la nave observada en ese instante, Po, representado por X en la figura.

Si las rectas no se cortan en un mismo punto, será debido a que hay errores en las observaciones y en ese caso se buscará el punto en el gráfico, conforme se explicó anteriormente.

El gráfico que se explicó anteriormente (Fig. 12.18-a), puede simplificarse, trazando las rectas originales; esto es los azimutes e interceptos por los puntos transportados I y II que representan lo que el buque avanzó en el intervalo entre cada observación y la última observación, Pe de las 04.36 horas, tal como se muestra en la figura 12.18-b.

En esta figura 12.18-b, "O" es el Punto Estimado a las 04.36 horas. El buque navega al  $R_v = 070^\circ$  y a 15 nudos.

Por el Punto Estimado de las 04.36 horas (O) se traza el azimuth e intercepto de la recta correspondiente a la última observación. (Recta CX).

OI es la distancia navegada entre la primera y última observación, 6 minutos a 15 nudos igual 1,5 millas.

Por el punto I así transportado y con el azimuth e intercepto de la primera recta, se traza ésta, que será la transportada en el momento de la última observación; A'X de la figura.

OII es la distancia navegada entre la segunda y la última observación; 2 minutos a 15 nudos igual 0,5 millas.

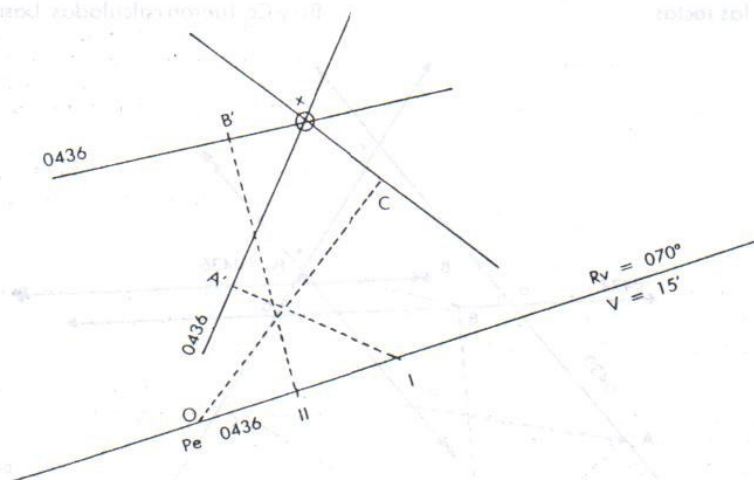


Figura 12.18-b



Por el II, así transportado y con el azimut e intercepto de la segunda observación se traza la recta transportada B'X.

El corte de las tres rectas es la situación a las 04.36 horas.

Si las rectas no se cortan en un mismo punto, se deberá proceder como se ha explicado anteriormente.

## II.- USANDO PUNTOS ADOPTADOS.

Hemos visto anteriormente, el cálculo de la situación, considerando el Punto Estimado, o sea un punto común para las observaciones de todos los astros. Pero hemos visto también que podemos abreviar el cálculo, si usamos solamente la interpolación por  $\Delta d$  en la Tabla H.O. 214. Veamos, entonces, como se confecciona el gráfico, cuando hemos observado tres astros, hemos calculado las rectas usando "puntos adoptados" y debemos transportar las rectas.

Supongamos que un día determinado, navegando al  $R_v = 110^\circ$  y a 20 nudos de velocidad se observaron tres estrellas a las horas que se indican, obteniendo las siguientes rectas:

1ª Fomalhaut,  $H_zl = 1824$ ;  $A_{zv} = 060^\circ$ ;  $l = -10'0$  La =  $42^\circ$  S. Ga =  $76^\circ 37'$  W.

2ª RIGEL,  $H_zl = 1828$ ;  $A_{zv} = 350^\circ$ ;  $l = +7'0$  La =  $42^\circ$  S. Ga =  $76^\circ 26'$  W.

3ª SIRIUS,  $H_zl = 1834$ ;  $A_{zv} = 311^\circ,5$ ;  $l = +5'5$  La =  $42^\circ$  S. Ga =  $76^\circ 43'$  W.

## CONSTRUCCION DEL GRAFICO (Fig. 12.18-c).

1º) En la carta de navegación, en hoja plotting o en una Rosa de Maniobra se sitúan los tres puntos adoptados que se emplearon en el cálculo de cada recta. Si se usa una Rosa, hacer la escala de Latitudes.

2º) Por cada uno de los puntos adoptados, se trazan las rectas de acuerdo a sus respectivos  $A_{zv}$  e interceptos. Las tres rectas formarán un triángulo, puesto que las observaciones no fueron simultáneas.

3º) Por los puntos determinados "R" de la 1ª y 2ª recta se traza el rumbo verdadero que ha navegado el buque ( $R_v = 110^\circ$ ).

4º) Sobre estos rumbos trazados se transporta lo que avanzó el buque entre la respectiva recta y la última, trazando por estos puntos una paralela a la recta correspondiente, obteniendo con ella la recta transportada. (3',3 entre la 1ª y 3ª recta, 2',0 entre la 2ª y 3ª).

5º) El corte de las tres rectas en un solo punto nos dará la situación de la nave.

6º) En caso de formarse nuevamente un triángulo, indica errores sistemáticos y habrá que determinar el punto de acuerdo como se ha explicado.

El gráfico anterior podemos construirlo más sencillo, tal como se explicó en el párrafo 12.18 (figura 12.18-b), trazando las rectas originales por los puntos transportados que representan lo que el buque avanzó en el intervalo entre cada observación y la última. Se procede en la siguiente forma: (Figura 12.18-d).

1º) En la carta de navegación en uso, en la hoja Plotting o en una Rosa de Maniobra se sitúan los tres puntos adoptados que se emplean en el cálculo de las rectas.

2º) Por los puntos adoptados correspondiente a la 1ª y 2ª recta observada, trazar el rumbo navegado.

3º) Sobre estos rumbos se aplica la distancia navegada entre la recta respectiva y la última y desde ese punto se traza la recta original de acuerdo con su azimut e intercepto.

4º) Por el punto adoptado de la 3ª recta se traza su azimut e intercepto, la que cortará a las otras dos rectas.

5º) El corte de las rectas en un mismo punto nos dará la situación del buque.

6º) En caso que el corte forme un triángulo, deberá procederse como anteriormente se ha explicado.

7º) Para determinar la Latitud y Longitud cuando se trabaja en Rosa de Maniobra, se sacará de ella la "l" y "g" con respecto a alguno de los puntos adoptados y corrigiéndoseles se tendrá el "observado".





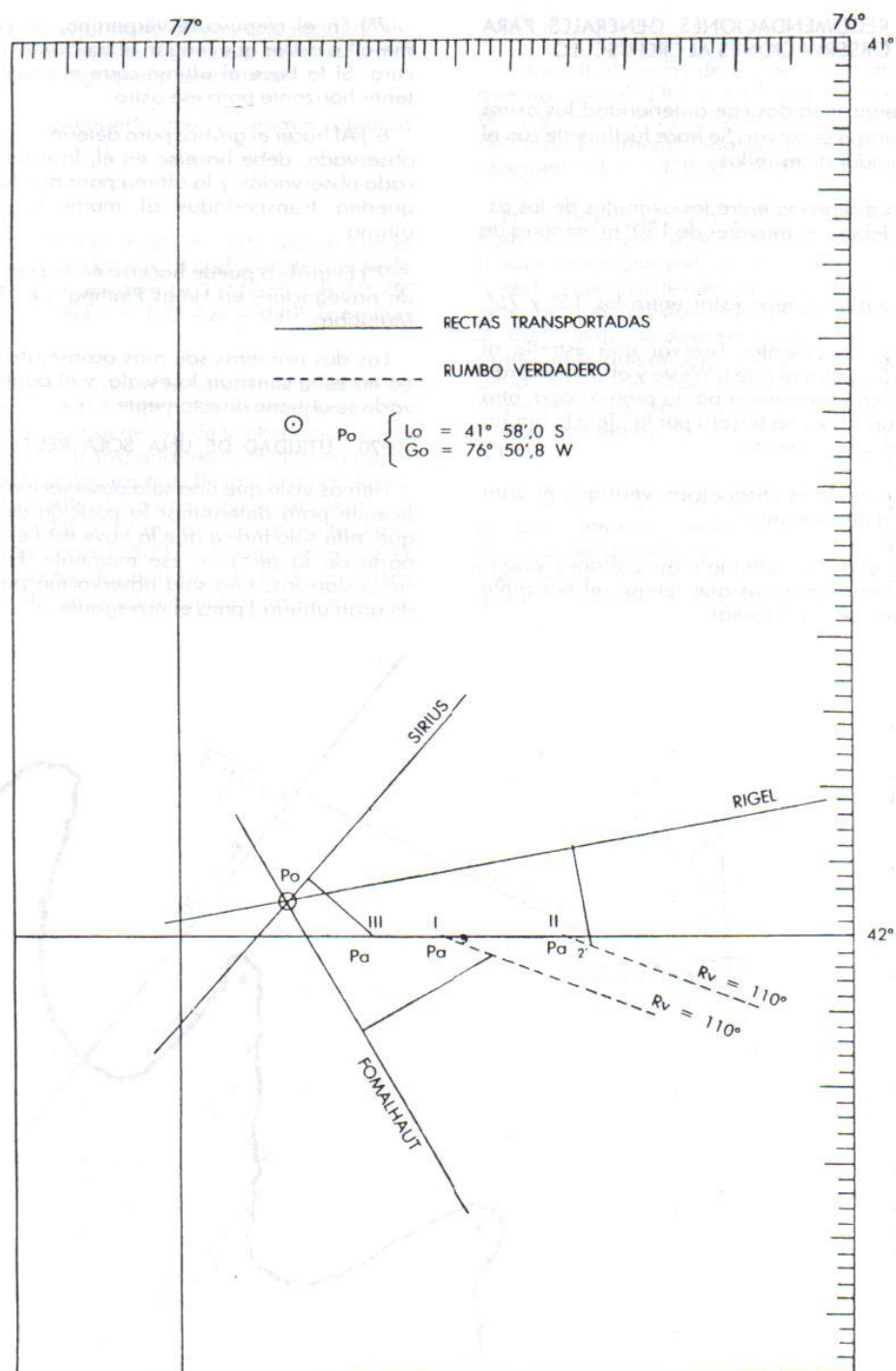


Figura 12.18-d

### 12.19 RECOMENDACIONES GENERALES PARA OBSERVACIONES AL CREPUSCULO.

1º) Tener elegidos con anterioridad los astros que se van a observar. Se hace fácilmente con el identificador de estrellas.

2º) La diferencia entre los azimutes de los astros no deben ser mayores de  $150^\circ$  ni menores de  $30^\circ$ .

3º) La altura debe estar entre los  $15^\circ$  y  $75^\circ$ .

4º) Es conveniente observar una estrella al Norte o Sur, otra al Este o Oeste y otra intercardinal; o bien una estrella por la proa o popa, otra por la cuadra y una tercera por la aleta (o amura según el caso) opuesta.

5º) Antes de la observación verifique el error de índice del sextante.

6º) En el crepúsculo matutino o aurora, observar primero los astros que tengan el horizonte más claro, por la luz solar.

7º) En el crepúsculo vespertino, observe primero los astros que tengan el horizonte más oscuro. Si lo hace al último corre el riesgo de no tener horizonte para ese astro.

8º) Al hacer el gráfico para determinar el Punto observado, debe hacerse en él, la estima entre cada observación y la última para que las rectas queden transportadas al momento de esta última.

9º) El gráfico puede hacerse en la propia carta de navegación, en Hojas Plotting o en Rosa de Maniobra.

Las dos primeras son más aconsejables, pues no necesita construir la escala, y el punto observado se obtiene directamente.

### 12.20 UTILIDAD DE UNA SOLA RECTA.

Hemos visto que una sola observación es insuficiente para determinar la posición de un buque, ella sólo indica que la nave está en alguna parte de la recta en ese momento. En ciertas circunstancias, una sola observación puede ser de gran utilidad para el navegante.

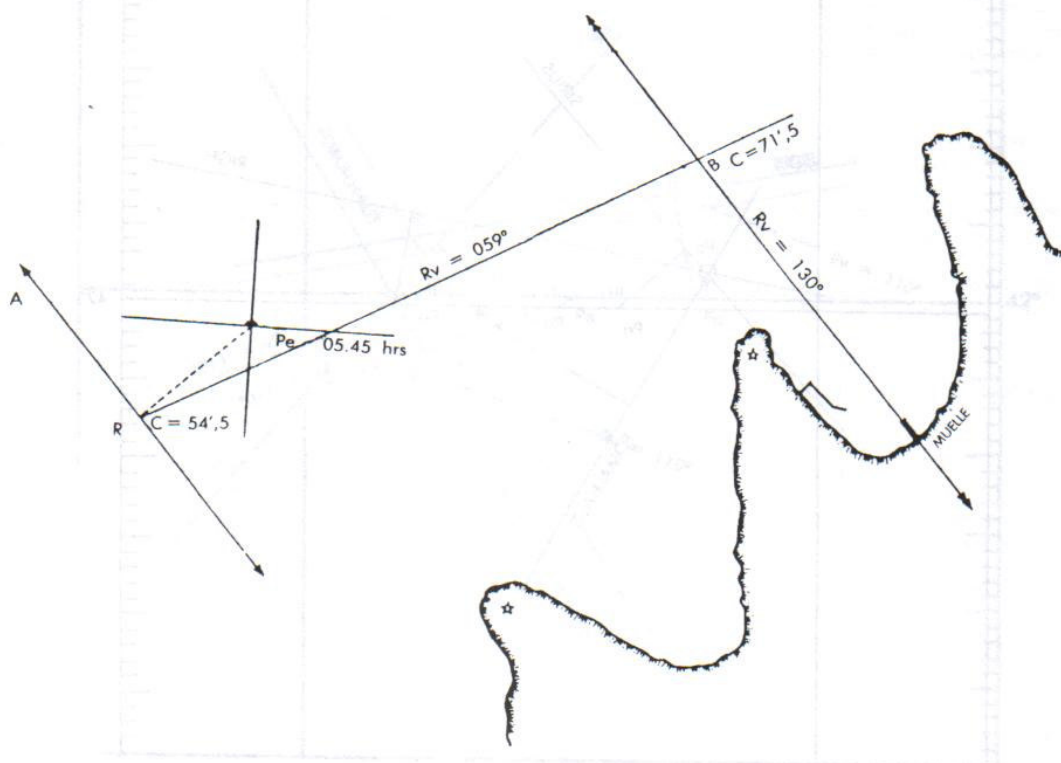


Figura 12.20-a





Este es el caso de un astro observado por la cuadra, su recta verifica la bondad del rumbo, o si existe corriente de través.

Nº 3.

Si un astro está directamente por la proa o popa en un azimut cercano a ellas, su recta nos indicará lo que la nave está adelante o atrás de su posición estimada.

## 12.21 ERRORES EN LAS RECTAS DE ALTURAS.

La navegación astronómica o de altura no es exacta, porque toda observación efectuada en la mar, está sujeta a errores causados por: error personal, cronómetros, sextantes, balance y cabeceo mientras se observa, falso horizonte, luminosidad del horizonte, nubosidad, refracción anormal, etc.

Un observador experimentado puede reducir gradualmente algunos de los errores enumerados; pero nunca estará seguro de que su observación ha sido perfecta; en consecuencia ningún observador podrá asegurar que la situación astronómica obtenida, es exacta; aún cuando las tres rectas se corten en un punto. Un margen razonable de error, debido a los factores enumerados, puede estimarse en dos millas.

Existirán muchas circunstancias en que el navegante debe considerar este margen en la posición de la nave, en especial en las RECALADAS con tiempo brumoso.

Cuatro son las causas que pueden contribuir a introducir errores en las rectas de posición:

- 1) Error en la altura observada.
- 2) Inseguridad en el estado absoluto.
- 3) Error inherente al método de cálculo.
- 4) Error en la estima.

### I. ERROR EN LA ALTURA OBSERVADA.

Aún cuando a la altura de un astro, tomada con sextante se le haya corregido el error instrumental, refracción, depresión, semi-diámetro y paralaje, puede resultar incorrecta la altura verdadera, debido a la combinación de los errores propios de la observación y a incorrectos valores de la depresión y refracción.

La resultante de estos errores, cualquiera que sea su valor se refleja en el Intercepto, aumentándolo o disminuyéndolo y en consecuencia la recta será errónea, ya que  $I = A_v - A_c$  y si  $A_v$  es erróneo,  $I$  también lo será.

La causa que más contribuye a hacer insegura la altura es aquella que se deriva del incorrecto valor de la depresión y refracción tabulada.

En circunstancias normales, cuando la altura observada es mayor de  $15^\circ$ , no existe un pronunciado error en la refracción. En cambio, la depresión es siempre afectada por la refracción en una cantidad muy incierta y más aún cuando las condiciones atmosféricas son anormales, casos en que puede diferir hasta  $10'$  con los valores tabulados. Por esta razón no debe dársele demasiado valor a una recta tomada en circunstancias anormales de refracción. En estos casos la incertidumbre puede reducirse considerablemente observando astros que demarquen al Norte y Sur, Este y Oeste. Los dos primeros darán una Latitud media y los segundos una Longitud media.

### II. INSEGURIDAD EN EL ESTADO ABSOLUTO.

Si el  $E_a$  empleado en cálculo de la  $H_mGr$  en el momento de la observación no es el exacto, el  $AHGr$  no lo será y en consecuencia el ángulo al polo  $P$  tampoco, resultando la altura calculada ( $A_c$ ) errónea, y por consiguiente el Intercepto.

Cuando el astro observado está en el meridiano superior o inferior,  $AZV = 000^\circ$  o  $180^\circ$ , un pequeño error en el ángulo al polo debido al  $E_a$  no influye en la exactitud de la observación. En general, un astro observado cerca del meridiano tiene un azimut pequeño y el error en el cálculo de la  $A_c$  puede despreciarse; pero cuando un astro está en el vertical primario (Azimut  $090^\circ$  o  $270^\circ$ ), un error en el ángulo al polo debido al  $E_a$ , tiene su efecto máximo.

Se recuerda que un error en la hora de 1 seg. equivale a 450 metros en el Ecuador o 300 metros en latitud  $50^\circ$  o más; de modo que para cometer un error de 1 milla, se tendrá que tener un error de 4 seg. en la hora, lo que es prácticamente imposible obtener.

### III. ERROR INHERENTE AL METODO DE CALCULO.

Este error nos está indicando que se debe a error en el cálculo de la " $A_c$ " y en consecuencia afectará al Intercepto en forma similar al producido por un error en la altura observada.

Las razones de este error son complejas. Es acumulativo, causado por la suma y redondez de las cantidades que intervienen, además de los que se toman del Almanaque Náutico, como así mismo debido a la forma de resolver el triángulo de posición. Esto último aumenta el error mientras más se simplifica el método de cálculo.



Cuando el Almanaque Náutico empleado da los elementos al 0', 1 de aproximación y se usan logaritmos con cinco cifras, el error final puede despreciarse. Los métodos tabulados no lo aumentan sensiblemente; pero si los Almanques y los métodos tabulados aproximan al 1', es posible tener un error en el intercepto de 2 a 3 millas.

#### IV. ERROR EN LA ESTIMA.

Cuando transcurre un lapso entre las observaciones, puede existir error en el transporte de la recta por dos razones.

1º) El rumbo trazado en la carta puede ser diferente al navegado.

2º) La distancia estimada como correcta puede diferir de la verdaderamente navegada.

El error debido al rumbo puede ser causado por el efecto combinado del viento sobre el buque, de corrientes no consideradas, la mala corrección del compás, o mal gobierno.

En la figura 12.21-a, tenemos que ACB es la recta que se deriva de la primera observación y CE el rumbo trazado en la carta. Supongamos que el rumbo verdaderamente navegado sea CD, es decir que el error es el ángulo DCE. La verdadera recta transportada será HDK y la errónea LEM. La recta que se deriva de la segunda observación es PQ; la que es independiente del punto estimado que se haya tomado como base

de su cálculo; esto es, PQ se obtiene con relación al intercepto calculado desde D o E, la recta será siempre la misma, lo que varía es la magnitud del intercepto.

La posición real es F, la errónea F' y en consecuencia el error es FF'.

Si denominamos  $\varphi$  el ángulo entre la primera recta y el rumbo (ACD),

$\alpha$  el error de rumbo, D a la distancia navegada y  $\Theta$  al ángulo de intersección entre las rectas, tendremos que el error

$$FF' = \frac{\alpha D \cos \varphi}{57 \sin \Theta}$$

ecuación que nos indica que si el ángulo  $\varphi = 90^\circ$ , lo que ocurre cuando la primera observación es a un astro directamente en el eje longitudinal, el error en la posición observada desaparece.

#### EJEMPLO:

Un buque que navegue al  $075^\circ$  y a 15 nudos, obtuvo situación por dos rectas e intervalo navegado, las rectas se cortaron bajo un ángulo de  $30^\circ$  y el lapso fue de tres horas; el azimut de la primera recta fue  $135^\circ$  y error estimado del rumbo  $3^\circ$ . ¿Cuál es el error probable en la situación?

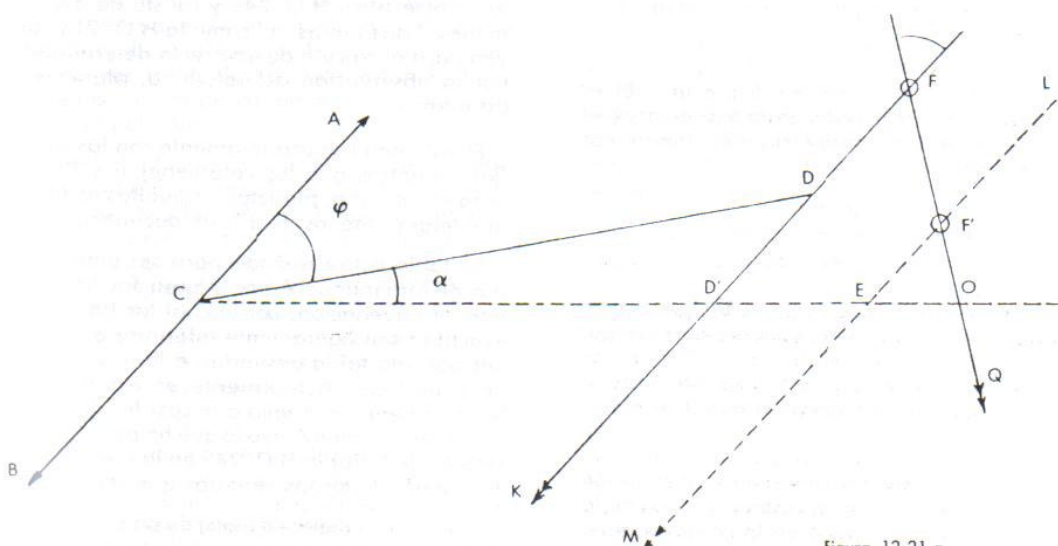
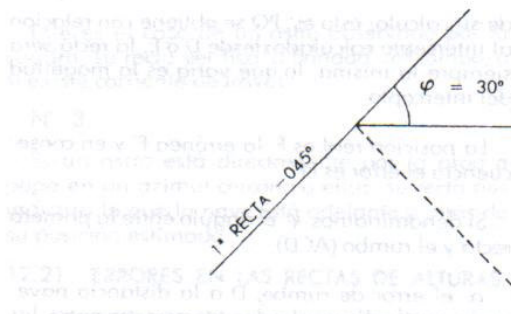


Figura 12.21-a



$$FF' = \frac{\alpha D \cos \varphi}{57 \operatorname{sen} \Theta}$$

$$= \frac{3 \times 45 \cos 30^\circ}{57 \operatorname{sen} 30^\circ} = 4,1 \text{ millas}$$

Consideremos ahora el error en la distancia navegada en el lapso entre las observaciones, lo que depende de la errónea apreciación de la velocidad efectiva a que se navega.

En la figura 12.21-a, CD' representa la correcta distancia navegada y CE la errónea, considerada en la carta. HK es la correcta recta de posición transportada y LM la errónea.

La recta que resulta de la segunda observación es PQ, la que es independiente de D' y E.

F es la verdadera posición de la nave y F' la errónea.

Si llamamos X al error en distancia (D'E),  $\Theta$  el ángulo de intersección entre las rectas,  $\varphi$  el ángulo entre la primera recta y Rv, tendremos que el error:

$$FF' = \frac{x \operatorname{sen} \varphi}{\operatorname{Sen} \Theta}$$

Si en la ecuación  $\varphi =$  cero, lo que ocurre cuando la primera recta es paralela al rumbo, el error se hace nulo, debido a que CD' coincide con la primera recta y se transporta sobre sí mismo y la posición observada será O, intersección de CD' con PQ.

La fórmula nos indica que el error en situación FF' depende del "error en distancia" y no de la distancia navegada como en la ecuación anterior.

#### EJEMPLO:

Supongamos que el error en la distancia navegada se estima en 5 millas, el ángulo de intersección  $30^\circ \varphi = 60^\circ$ ; el error resultante será:

$$FF' = \frac{x \operatorname{sen} \varphi}{\operatorname{sen} \Theta}$$

$$= \frac{5 \operatorname{sen} 60^\circ}{\operatorname{sen} 30^\circ} = 8,7$$

que es bastante apreciable.

#### 12.22 DESCRIPCION Y USO DE LA TABLA H.O. 249

La tabla americana que lleva por título "Sight Reduction Tables Air Navigation", tiene la característica H.O. 249 y consta de 3 volúmenes. Estas tablas, tal como la H.O. 214, sirven para el cálculo de una recta determinada por la observación del sol, luna, planetas y estrellas.

El volumen I se usa solamente con las estrellas, mientras que los volúmenes II y III son para el sol, luna, planetas y aquellas estrellas que tengan menos de  $30^\circ$  de declinación.

La tabla está diseñada para ser empleada con el Almanaque Aéreo y para facilitar ese tipo de navegación, por lo cual los límites de exactitud son ligeramente inferiores a los dados por una tabla destinada a la navegación de superficie. Actualmente el Almanaque Náutico tiene un diseño que casi lo identifica con el Almanaque Aéreo lo que ha permitido el empleo de la Tabla H.O. 249 en la navegación de superficie por las ventajas que reporta.

El volumen I (Selected Stars) da para cualquier instante la altura y el azimut de siete estrellas



seleccionadas para las diferentes latitudes. Las alturas están al minuto de arco y el azimut al grado, límites de aproximación más que suficientes para la navegación aérea y aun para la de superficie, a pesar que hasta la fecha las tablas para la navegación en superficie proporcionan estos datos al décimo de minuto para las alturas y al décimo de grado para el azimut.

Una simplificación que ofrece de inmediato este volumen es que da directamente el azimut en vez del ángulo en el zenit, como ha sido llamado el valor angular que dan las tablas, al cual hay que darle los signos del polo elevado y del ángulo al polo para poder deducir el valor angular que se llama propiamente azimut contado de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$  en el plano horizonte y en el sentido de los punteros del reloj.

El volumen I emplea como argumentos una latitud adoptada que es la "estimada" aproximada al grado más inmediato y el Angulo Horario del Vernal (AHLV), que se deduce del ángulo horario de Greenwich para el vernal (AHGV), dato que suministra el Almanaque Náutico, al cual se le aplica una longitud adoptada tal, que el AHLV resultante quede expresado solamente en grados.

Aun cuando este volumen I tiene que ser recalculado cada cierto número de años, porque sus valores son afectados por la precesión de los equinoccios, esta tarea no es difícil, pero si necesaria en orden a reducir los errores acumulativos.

Los valores tabulados en el volumen I son el Azimut Verdadero y la Altura, la cual no está corregida de la refracción. Estos valores no necesitan ser interpolados. Este volumen tiene todos los valores de latitud desde el polo Norte hasta el polo Sur.

Para la latitud adoptada; el argumento vertical es el AHLV, expresado de  $0^{\circ}$  a  $360^{\circ}$ . Entre la latitud  $69^{\circ}$  N y la  $69^{\circ}$  S, la tabulación es para cada grado entero de AHLV y los  $360^{\circ}$  de esta coordenada quedan dispuestos en cuatro columnas que comprenden dos páginas. Pero desde la latitud  $70^{\circ}$  N o S hacia sus polos respectivos, el AHLV está tabulado de dos en dos grados, quedando los  $360^{\circ}$  distribuidos en dos columnas que ocupan una sola página.

Para cada valor del AHLV se han calculado los valores de la altura y el azimut verdadero de siete estrellas seleccionadas, los nombres de las cuales están dispuestas horizontalmente por orden ascendente de sus azimutes. Los nombres de

estas estrellas varían cada  $15^{\circ}$  de AHLV cuando las latitudes quedan comprendidas entre los  $69^{\circ}$  N y  $69^{\circ}$  S. Para latitudes mayores de  $70^{\circ}$  los nombres de las estrellas aparecen cada  $30^{\circ}$  de AHLV.

En cada lista de estrellas puede haberse alternado el orden al cambiar sus azimutes, o bien, puede haberse eliminado el nombre de una o más para ser reemplazado por idéntico número de nuevas estrellas.

Para seleccionar las estrellas útiles de cada latitud, se ha tenido en consideración la brillantez de ellas y sus posiciones relativas para el observador.

Todas las estrellas de primera magnitud, a excepción de  $\beta$  crucis, han sido empleadas. A este grupo de estrellas se han agregado 17 de segunda magnitud y 5 de tercera magnitud, lo que da un total de 41 estrellas.

En los casos en que ha sido necesario elegir entre estrellas con idénticas condiciones para ser tabuladas, se ha preferido aquella cuya altura sea superior a  $45^{\circ}$ , pues en la navegación aérea sucede con frecuencia que las estrellas de baja altura no pueden ser observadas por estar en la zona próxima al horizonte cubierto por las nubes.

La ordenación de las estrellas por los valores crecientes de sus azimutes, facilita la selección que debe hacer el navegante para buscar aquellas que le den mejor ángulo de corte, lo que ha sido complementado, marcando con un asterisco, las tres más favorables.

El volumen II para latitudes entre  $0^{\circ}$  a  $39^{\circ}$  y el volumen III para latitudes entre  $40^{\circ}$  y  $89^{\circ}$  provee los datos completos para calcular en cualquier instante la altura y azimut del Sol, Luna, planetas y aquellas estrellas cuya declinación esté dentro de los límites de las declinaciones tabuladas para estos astros.

Estos volúmenes en contraste con el volumen I "tabulan el ángulo al zenit en vez del azimut".

Debido al formato de los volúmenes II y III las tablas son de de carácter permanente.

El empleo de estos volúmenes es similar a la Tabla H.O. 214. Sus argumentos de entrada son latitud, declinación y ángulo al polo en grados enteros, por lo que obligatoriamente se debe trabajar con latitudes y longitudes adoptadas. Sólo se interpola por declinación para cuyo objeto existe la tabla auxiliar 3 al final de cada volumen. El resto de las tablas auxiliares, con



excepción de la 2 (conversión de arco en tiempo) no se emplean en cálculo de la navegación de superficie.

#### A.- TABLAS SUPLEMENTARIAS

El volumen I tiene nueve tablas suplementarias. Las tablas 1 y 2 son de uso exclusivo para la navegación aérea.

Tabla 1.- Corrección por movimiento del observador. Los valores tabulados son proporcionados para cambios de altura de un astro debido al desplazamiento del avión entre la hora de la observación y la hora de la situación. Esta corrección puede ser aplicada a la altura en lugar de corregirla a la línea de posición.

Tabla 2.- Corrección por movimiento del astro. Los valores tabulados que proporciona por cambio de altura de un astro debido a la rotación de la Tierra entre la hora de observación, pueden ser aplicados a la altura para permitir el uso de un punto adoptado común y al AHL para observaciones hechas en diferentes partes.

Tabla 3.- Conversión de arco a tiempo. Para convertir unidades de tiempo en unidades de arco (grados, minutos y segundos).

Tabla s/n.- Lista de 41 estrellas usadas en el volumen I. Están dadas en orden alfabético y en orden de AHS. Indican también las magnitudes y las declinaciones, todas calculadas para el año de edición de la tabla.

Tabla 4.- Da el AHGry para los años que abarca el volumen I.

Tabla 5.- Nos señala el valor de la corrección que hay que hacer según el año, como consecuencia de los efectos de la precesión de los equinoccios, incluyendo nutación. Esta corrección debe ser aplicada al punto observado en la dirección del azimut y el número de millas dados por la tabla para obtener el punto observado en el año correspondiente.

Tabla 6.- Da la corrección que debe ser aplicada a la altura observada de la Polar, para determinar la latitud del observador. El argumento es el AHL $\gamma$ . La corrección se busca en la columna Q y se aplica con su signo. Naturalmente los resultados obtenidos con esta tabla no son tan exactos como los determinados usando el Almanaque Náutico que emplea tres tablas para idéntico fin.

Tabla 7.- Da el azimut por la polar entrando con el valor del AHL $\gamma$  y la latitud.

Tabla 8.- Da valores de la refracción a diferentes alturas del avión. No se usa en navegación de superficie.

Tabla 9.- Da la corrección por efectos debidos a la rotación de la Tierra y al movimiento del avión. Esta tabla no se usa en la navegación de superficie.

Los volúmenes II y III tienen 7 tablas suplementarias. Las tablas 1, 2, 3, 6 y 7 contienen los mismos datos que sus similares del volumen I.

La tabla 4 entrega la lista de las 57 estrellas del Almanaque Náutico y la Tabla 5 de una corrección a la AT por minuto de declinación.

#### B.- USO DE LAS TABLAS

La tabulación de la altura y del azimut verdadero, sirviéndose del AH $\gamma$  como argumento, proporciona al navegante el método más corto que hasta la fecha se conoce para trazar la recta de altura de un astro.

Una vez, que se ha obtenido del Almanaque Náutico el AH $\gamma$  se aplica a éste una longitud adoptada tal, que el AH $\gamma$  resultante, sea en grados enteros. Si se opera en latitudes superiores a 70° se cuidará de adoptar una longitud tal, que dé un AH $\gamma$  en grados enteros y pares.

Con la latitud adoptada y el AH $\gamma$  calculado, se entra a la Tabla y se obtiene la altura estimada o calculada y el azimut verdadero. La diferencia entre la altura calculada y la observada corregida, dará un intercepto con su signo.

La recta, naturalmente, es trazada desde el punto adoptado. Una vez trazadas las rectas y obtenido el punto observado, deberá aplicarse la corrección de la Tabla V para el año considerado.

#### C.- EJEMPLO:

El 7 de abril de 1978 un buque cuya situación estimada es  $L = 23^{\circ} 21' N$ ,  $G = 14^{\circ} 48' W$ , observa estrellas al atardecer. Zona = +9; Rv = 249; velocidad 25 nudos; Ea = 00h 05m 04s; Hzl = 19.37 horas. Elevación Ojo = 36'; Ei = +1'.



Primera estrella observada.

Hcr = 04h 34m 37s

Ai\* = 42° 01',9

Azg = 025°

Segunda estrella observada.

Hcr = 04h 35m 30,5s

Ai\* = 54° 31',0

Azg = 150°

Tercera estrella observada.

Hcr = 04h 37m 07,0s

Ai\* = 37° 03',1

Azg = 274°

Se pide la situación:

Hzi = 19h 37,0m (7 ABR.)  
 Zp = +09h 00m  
 HmGr ap = 28h 37m  
 = 04h 37m (8 ABR.)

1º ESTRELLA  
(Dubhe)

Hcr = 04h 34m 37,0s  
 Ea = 00h 05m 04,0s  
 HmGr = 04h 39m 41,0s (8 ABR.)  
 AHG = 256° 03',8  
 Co = 9° 56',9  
 AHG γ = 266° 00',7  
 Ga = 142° 00',7 W.  
 AHL γ = 124° 00',0  
 La = 23° 00' N.  
 Ac = 42° 00',0  
 Azv = 025°  
 Ai\* = 42° 01',9  
 Ei = + 1,0  
 Ao\* = 42° 02',9  
 Dip = - 5,8  
 Aap\* = 41° 57',1  
 CT = - 1,1  
 Av\* = 41° 56',0  
 Ac = 42° 00',0  
 I = - 4,0  
 AZV = 025°

2º ESTRELLA  
(Alphard)

= 04h 35m 30,5s  
 = 00h 05m 04,0s  
 = 04h 40m 34,5s  
 = 256° 03',8  
 = 10° 10',3  
 = 266° 14',1  
 = 142° 14',1  
 = 124° 00',0  
 = 23° 00' N.  
 = 54° 01'  
 = 149°  
 = 54° 31',0  
 = + 1,0  
 = 54° 32',0  
 = - 5,8  
 = 54° 26',2  
 = - 0,7  
 = 54° 25',5  
 = 54° 01',0  
 = + 24,5  
 = 149°

3º ESTRELLA  
(Aldebarán)

= 04h 37m 07,0s  
 = 00h 05m 04,0s  
 = 04h 42m 11,0s  
 = 256° 03',8  
 = 10° 34',5  
 = 266° 38',3  
 = 141° 38',3  
 = 125° 00',0  
 = 23° 00' N.  
 = 36° 54',0  
 = 274°  
 = 37° 03',1  
 = + 1,0  
 = 37° 04',1  
 = - 5,8  
 = 36° 58',3  
 = - 1,3  
 = 36° 57',0  
 = 36° 54',0  
 = + 3,0  
 = 274°

Desde los puntos adoptados se trazan en la hoja Plotting los azimutes e interceptos, trasladando las dos primeras rectas a la hora de la última observación y el punto obtenido se le aplica la corrección de la tabla 5.

Corrección Tabla 5 = al  $281^{\circ},6 - 2'$ .

|           |                           |
|-----------|---------------------------|
| Po        | Lo = $22^{\circ} 50,6$ N. |
| 1940 hrs. | Go = $141 56,1$ W.        |

Se puede observar que en el enunciado del problema no se dió el nombre de las estrellas observadas, las cuales fue fácil identificar en una simple inspección de la tabla abierta en la latitud adoptada y frente al AHL determinado por la correspondencia entre los azimutes y las alturas que difieren muy poco con las observadas.

Por esta misma razón, haciendo uso de las Tablas, el navegante puede determinar con anterioridad con qué altura y azimut se le van a presentar ante su vista las estrellas más favorables para la observación, ya seleccionadas por la Tabla, cotejar sus azimutes y ángulos y hacer, en suma, su plan de trabajo, para lo cual sólo será necesario calcular una latitud y longitud aproximada para la hora de la observación y el AHL para ese mismo momento.

## 12.23 DESCRIPCION Y USO DE LA TABLA H.O. 229.

Diseñada para facilitar el cálculo de la situación astronómica en la mar, dentro de la exactitud requerida resuelve el triángulo de posición conociendo dos lados y el ángulo subtendido, de modo que se pueda obtener el tercer lado y su ángulo adyacente.

Primordialmente la Tabla está proyectada para determinar una recta de altura empleando el método Saint-Hilaire o del Intercepto, utilizando para ello un punto adoptado de manera que no haya necesidad de interpolar la latitud ni el ángulo horario.

La Tabla proporciona los valores de altura y azimut para todas las combinaciones de latitud, ángulo horario local y declinación a intervalos regulares de  $1^{\circ}$  de estos tres argumentos, de tal modo que cada página de la tabla corresponde a un determinado valor de AHL, figurando como argumento vertical la Declinación cuyo valor se da cada grado de  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$ , y como argumento ho-

rizontal la Latitud que puede ser de igual o distinto signo que la declinación, figurando en cada página ocho columnas, cada una de un grado.

Los datos de la publicación H.O. 229 vienen dados a través de seis volúmenes que abarcan las siguientes latitudes:

|        |                                |
|--------|--------------------------------|
| VOL. 1 | de $0^{\circ}$ a $15^{\circ}$  |
| VOL. 2 | de $15^{\circ}$ a $30^{\circ}$ |
| VOL. 3 | de $30^{\circ}$ a $45^{\circ}$ |
| VOL. 4 | de $45^{\circ}$ a $60^{\circ}$ |
| VOL. 5 | de $60^{\circ}$ a $75^{\circ}$ |
| VOL. 6 | de $75^{\circ}$ a $90^{\circ}$ |

Los argumentos para entrar a la tabla son los siguientes:

- Con el grado entero de latitud más cercana a la Le del observador.
- Con el grado entero del AHL obtenido del AHGr del astro en la longitud más cercana a la Ge del observador.
- Con la declinación del astro con su signo, en grados enteros considerando los minutos y décimos de minutos para aplicar el incremento o variación de la altura con respecto a la declinación (Dec. Inc).

Al emplear estas tablas deben seguirse las siguientes instrucciones:

- Elija el Volumen y la sección que corresponda según sea la latitud.
- En dicha sección abra la Tabla en el valor del AHL y elija la página de acuerdo a las reglas siguientes:

- Si AHL  $0^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  ó  $360^{\circ}$  a  $270^{\circ}$  y

L y D mismos signos, entre en pág. izq.  
L y D distintos signos, entre en pág. derecha ARRIBA.

- Si AHL  $180^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  ó  $180^{\circ}$  a  $270^{\circ}$  con L y D mismos signos, entre en pág. derecha ABAJO.

- Ubicada la página busque la coincidencia de la latitud y la declinación y saque los datos de Hc - d - Z haciendo las interpolaciones que sean necesarias y convirtiendo Z en azimut verdadero medido desde el N. hacia el E.

Para un mejor conocimiento de la Pub. H.O. 229 el navegante debe consultar las instrucciones que trae cada Volumen.



## 12.24 MERIDIANAS.

Además de los métodos corrientes que hemos visto para situar la nave en alta mar, existen otros que bajo ciertas condiciones y circunstancias, ofrecen ventajas.

En tiempos pasados, cuando se necesitaba un largo y trabajoso cálculo para hallar una línea de posición, se usaba en todas las oportunidades algo más sencillo, al determinar la latitud por observación de astros. Con el desarrollo de los modernos métodos de tablas, para resolver el triángulo de posición, la aplicación de las observaciones para determinar latitud ha decaído considerablemente.

Sin embargo, dos métodos han seguido en uso común, aunque hoy su importancia en la navegación es menor que otros más modernos. Dichos métodos son:

- a) Latitud por alturas meridianas.
- b) Latitud por la polar.

Por siglos la observación del sol en su paso por el meridiano fue el evento diario de más importancia para el navegante, debido a que la altura meridiana les daba la línea de posición más exacta. Por lo tanto, la posición del mediodía era generalmente la mejor posición. La estima de todo un día de navegación, de mediodía a mediodía, era casi una costumbre lógica. Diariamente la posición del mediodía se determinaba con gran cuidado, desde este punto se comenzaba a llevar la nueva estima. No es difícil hallar la razón de por qué se daba tanta importancia a la línea de posición de sol a mediodía y un gran valor a cualquier altura meridiana, no solamente porque tales observaciones eliminaban cálculos laboriosos, sino también, debido a que eran prácticamente independientes de la hora. El único uso que se hacía de la hora era para hallar la declinación y por lo tanto no era necesario conocerla con gran exactitud. Antes del desarrollo de cronómetros exactos y de la determinación en cualquier momento del Estado Absoluto por radiotelegrafía, ésto era una consideración de gran importancia.

La costumbre de observar el sol a su paso por el meridiano, aún es parte de la rutina diaria de los navegantes en los buques, a pesar que ya ha desaparecido la necesidad real para ello; puesto que la posición del mediodía puede obtenerse más fácilmente y a menudo con una mayor exactitud, como veremos más adelante, observando al sol a cualquier hora conveniente cerca de los

12.00 hrs. verdaderas y determinando la línea de posición como para cualquier otra observación.

La práctica de observar cuerpos celestes en el meridiano, que no sean el sol, casi ha desaparecido, excepto cuando la observación resulta por una coincidencia. Actualmente, es raro que un navegante trate de observar un astro en el meridiano. Sin embargo si se hace una observación meridiana por coincidencia o deliberadamente, es cosa sencilla y algunas veces útil, de ahí que todo navegante debe estar familiarizado con su uso.

## 12.25 PASO DE UN ASTRO POR EL MERIDIANO SUPERIOR E INFERIOR.

Se llama meridiano celeste de un observador, aquel meridiano que pasando por los polos celestes contienen al Zenit y Nadir del observador. La parte del meridiano comprendida entre los polos que contienen el zenit del observador se denomina "Meridiano Celeste Superior" y la parte entre los polos que contienen el nadir se llama "Meridiano Celeste Inferior". En la figura 12.25, PZHP' es el meridiano superior y PH'NP' es el meridiano inferior.

Se dice que un astro está cruzando el meridiano "Superior" o simplemente "el meridiano", cuando pasa por el meridiano celeste superior del observador. En ese momento el Angulo Horario del astro es "cero grados", su altura es máxima sobre el horizonte y el Azimut verdadero es exactamente Norte o Sur, lo que depende de la magnitud y signo de la declinación con respecto a la latitud; así, cuando son del mismo signo puede ser Norte o bien Sur; si son de distinto signo es siempre Norte en el hemisferio Sur y Sur en el hemisferio Norte.

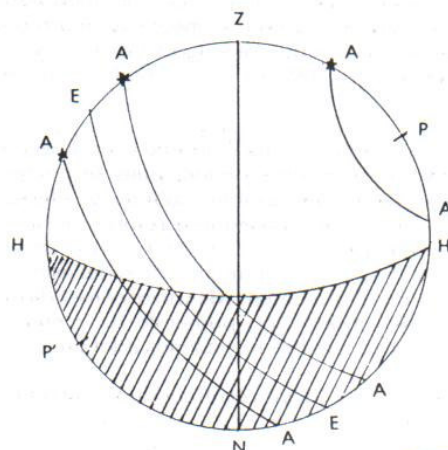


Figura 12.25



Un astro tiene un paso o culminación "inferior", cuando cruza el meridiano celeste inferior del observador; difiere por lo tanto  $180^\circ$  con el meridiano superior. En ese momento el Angulo Horario del Astro es  $180^\circ$  y la Altura es la mínima.

En la figura 12.25 se puede ver que no todos los astros cruzan el meridiano inferior sobre el horizonte del observador. Para que el astro sea visible en su paso por el meridiano inferior, es preciso que su Declinación sea igual o mayor que la Colatitud y del mismo signo, en cuyo caso el azimut verdadero, en la culminación, es siempre  $180^\circ$ , cualquiera que sea el valor de la declinación y la latitud.

Cuando L y D son de distinto signo, la culminación inferior ocurre bajo el horizonte, lo que no tiene interés para el navegante.

Exceptuando en las altas latitudes, y durante parte del año, en general el paso inferior del sol no es visible; lo mismo ocurre con las estrellas observables en la mar, su número es muy reducido y de aquí que el navegante observe comúnmente el paso superior de los astros y el término "meridiano", con que se distingue esta clase de observaciones, se refiere a la "Culminación superior".

## 12.26 ALTURA MÁXIMA.

En la figura 12.25 vemos que HA o H'A es la altura del astro y es la mayor altura que puede alcanzar ese astro para un observador estacionario cuyo zenit es Z. Para un observador estacionario la altura meridiana es la altura máxima que alcanza el astro y para obtenerla bastará observarlo cuando esté un poco al Este del meridiano celeste, midiendo constantemente su altura con el sextante hasta que detenga su ascenso y comience a bajar, instante que se tendrá su altura mayor.

Esto no siempre es fácil hacerlo cuando el observador no está estacionario, pues se pueden cometer errores apreciables cuando se efectúa con un buque que navegue a rumbos hacia el norte o sur, ya que debido que a su vez el observador se desplaza, la altura máxima del astro no coincidirá con el momento de cruzar el meridiano celeste del observador, pudiendo ser menor o mayor, como lo explicaremos más adelante.

Tres factores influyen en el cambio en la altura de un astro:

### 1) La rotación de la tierra.

### 2) La declinación.

### 3) La componente Norte-Sur del rumbo.

El primero nos dice que, para todo observador en la tierra, el astro se eleva por el Este, alcanza su altura máxima al cruzar el meridiano celeste del lugar y enseguida se pone por el Oeste.

El segundo factor, no afecta al navegante en la práctica, debido a que cualquier variación de la declinación, durante el corto período de la culminación, es pequeña y difícil de materializar, pero conviene tener presente que una variación en la declinación, produce un cambio entre las posiciones relativas del astro, A y del zenit, Z, y en consecuencia una variación en altura.

El tercer factor introduce una pequeña complicación, puesto que equivale a mover el zenit.

Supongamos un navegante estacionario observando hacia el NORTE el paso del sol por el meridiano. Cuando el astro esté en el meridiano, tendrá su altura máxima y su azimut verdadero será cero.

Imaginemos ahora, este mismo navegante, pero en vez de estar detenido, se encuentre navegando al Norte. Cuando el sol cruce el meridiano ( $Azv = 0^\circ$ ), debiera obtener el observador su altura máxima para luego comenzar a disminuir. Pero, como el buque está navegando al Norte; es decir, se va acercando al sol, la altura seguirá aumentando, hasta que la velocidad de descenso en altura sea mayor que el aumento de altura originado por el rumbo y velocidad que lleva el buque. Vemos entonces que, la altura máxima se producirá después que el sol haya cruzado el meridiano; luego, la altura tomada "No es la altura en el meridiano" y por lo tanto su azimut verdadero tampoco será cero. Esto obliga a precisar el instante que el astro esté en el meridiano con anticipación para considerar su altura. El cálculo de ese instante lo explicamos más adelante. Para comprender mejor lo explicado, supongamos un buque que navegue al  $331^\circ$  a 20 nudos en  $L = 45^\circ S$  y observa el Sol cuya  $D = 20^\circ N$ . La tabla N° 3 de Bowditch nos dice que el cambio en Latitud es de  $17',5$  por hora, y por lo tanto será de  $3',5$  en 12 minutos de navegación. En consecuencia, su zenit y horizonte se mueven hacia el norte a la misma velocidad; y en el supuesto caso que el sol estuviera estacionario en el cielo, su altura aumentaría a razón  $3',5$  en 12 minutos =  $3'30''$ .

En la tabla 29 de Bowditch, entrando con  $L = 45^\circ S$  y  $D = 20^\circ N$ , vemos que la variación en altura que experimenta el sol por cada minuto en



las cercanías del meridiano, debido a su propio movimiento en el arco diurno, es de  $1''{,}4$ . La tabla 30 de Bowditch nos indica que en 12 minutos de tiempo esta variación es de  $3' 21''{,}6$ .

De este ejemplo se deduce que debido a la rotación de la tierra el sol ha "disminuido" en  $3' 21''{,}6$  su altura en los 12 minutos que siguen a la meridiana; pero debido al movimiento del buque ha "aumentado" en  $3' 30''$  en el mismo lapso, después de la meridiana. Por consiguiente, 12 minutos después de la observación el sol ha "aumentado" en  $8''{,}4$  su altura; de lo que se desprende, que el buque "al navegar hacia el sol tendrá la altura máxima después de la meridiana y al alejarse le ocurrirá lo contrario".

El intervalo entre estas alturas puede producir un error hasta de  $5'$  con la observada cuando la velocidad es grande y el rumbo es cercano al Norte o Sur; sólo cuando se navega al Este o al Oeste la altura meridiana coincide con la altura máxima.

#### 12.27 HORA DE LA MERIDIANA.

Con las explicaciones que anteriormente hemos dado, es evidente que un observador en movimiento no pueda observar la altura meridiana, esperando que el astro deje de subir y empiece a bajar; se hace necesario calcular con anticipación la HORA en que el astro cruzará el meridiano celeste del observador para tomar la altura en ese instante. Esto puede hacerse por una simple aproximación, debido a que la altura varía lentamente cuando el astro está cerca del meridiano y un error de pocos segundos en el cálculo de la hora de la meridiana, no influye mayormente en la observación de la altura misma, y de aquí que sea costumbre calcularla dentro del minuto de aproximación.

#### 12.28 CALCULO DE LA HORA MERIDIANA DE SOL.

##### A.- METODO ECUACION DEL TIEMPO.

Hemos visto que el instante en que un astro cruza el meridiano celeste del observador, en especial el sol, es interesante para el navegante, debido a que puede determinar fácilmente y con mucha exactitud la latitud de la nave. En el caso del sol, el momento de la culminación ocurre a mediodía verdadero. Este instante puede establecerse de la siguiente manera cuando se conoce la Longitud. En el momento de ser mediodía verdadero la  $HvI = 12h 00m 00s$ ; si a esta hora le

aplicamos la longitud del lugar en ese instante, se tendrá la  $HvGr$  en el momento de ser mediodía verdadero en el lugar. Si sacamos del Almanaque Náutico la "ecuación del tiempo" para esta  $HvGr$  y se la aplicamos a esta misma hora con el signo contrario al indicado en el AN, el resultado será  $HmGr$ ; hora que combinada con la zona en que se navega dará la Hora Zona del lugar en que ocurrirá la culminación del sol, siempre que el buque esté estacionario o navegue al rumbo Norte o Sur, es decir no haya cambio de longitud; en caso contrario, debe determinarse el Punto Estimado en el momento en que será la meridiana, cuya nueva longitud nos permitirá hacer una segunda aproximación.

#### EJEMPLO:

A las 0945 horas zona + 10 del 28 de Marzo de 1978, un buque navega al  $Rv = 313^\circ$  y a 22 nudos, estando en  $L = 18^\circ 23' S$ .  $G = 149^\circ 53' W$ . desea saber a qué hora tendrá el sol en el meridiano.

##### 1ra. Aproximación:

$$\begin{aligned} HvI &= 12h \quad 00m \quad 00s \\ G &= 09h \quad 59m \quad 32 \text{ W.} \\ HvGr &= 21h \quad 59m \quad 32s \\ Et &= \quad \quad + 05m \quad 02s \\ HmGr &= 22h \quad 04m \quad 34s \\ Zh &= 10h \quad 00m \quad 00s \\ Hzl &= 12h \quad 04m \quad 34s \end{aligned}$$

Como se tiene la situación a las 0945 hrs. ( $L = 18^\circ 23' S$  y  $G = 149^\circ 53' W$ .) podemos deducir la que tendrá el buque a la  $HZI = 12h 04m 34s$  momento de la meridiana.

$$\begin{aligned} Hzl &= 12 \quad 04,6 \\ Hzl &= 09 \quad 45,0 \\ \hline \text{Tiempo} &= 02h \quad 19,6m \text{ a} \\ &\quad 22 \text{ nudos} = 51',2 \\ \\ Rv &\quad \quad D \quad \quad N \quad \quad W \\ 313 &\quad \quad 51,2 \quad 35 \quad 37,5 \\ \\ l &= 35 \text{ N.} \quad \quad ap = 37,5 \text{ W.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 L &= 18^\circ 23',0 \text{ S.} \\
 l &= 35',0 \text{ N.} \\
 \hline
 Le &= 17^\circ 48',0 \text{ S.} \\
 Lm &= 18^\circ,1 \\
 ap &= 37',5W \quad g = 39',5 W.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G &= 149^\circ 53',0 W. \\
 g &= 39',5 W. \\
 \hline
 Gem &= 150^\circ 32',5 W. \\
 &= 10h 02m 10s
 \end{aligned}$$

#### 2da. Aproximación

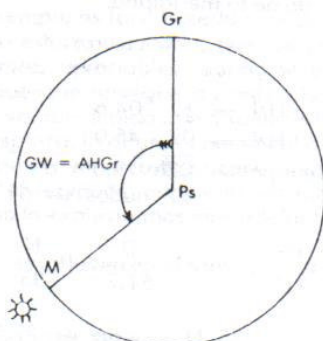
$$\begin{aligned}
 Hvl &= 12h 00m 00s \\
 Ge &= 10h 02m 10s W. \\
 HVGr &= 22h 02m 10s \\
 Et &= + 05m 02s (\text{cam. sig.}) \\
 HmGr &= 22h 07m 12s \\
 Zh &= 10h 00m 00s (\text{cam. sig.}) \\
 Hzl &= 12h 07m 12s
 \end{aligned}$$

Hora que nos da la aproximación necesaria para efectuar la observación con seguridad.

La segunda aproximación puede obtenerse más rápidamente, convirtiendo la diferencia en longitud (39',5) en tiempo (2m 38s) para aplicarlo directamente a la Hzl de la primera aproximación y obtener la de la segunda, debiendo tenerse muy en cuenta el signo de la corrección que es "positivo" cuando la diferencia de longitud (g) es "W" y "negativo" si es "E". En este caso tenemos:

$$\begin{aligned}
 Hzl &= 12h 04m 34s \\
 g &= 02m 38s W \\
 \hline
 Hzl &= 12h 07m 12s
 \end{aligned}$$

En este último procedimiento se desprecia toda variación en la "ecuación del tiempo", lo que no afecta el resultado final debido a la escasa variación de este elemento.



Si se desea una mejor exactitud puede hacerse una tercera aproximación, considerando lo que se navega en el nuevo lapso ( $H_zl = 0945$  y  $H_zl = 1207,3$ ) de 02h 22,3. El cambio de longitud en los 2,6m de diferencia, no influye mayormente en el resultado final. En la práctica basta con la segunda aproximación, tomando el  $Pe$  a mediodía verdadero de la carta y trabajando al medio minuto de aproximación.

#### B.- METODO ANGULO HORARIO EN GREENWICH (AHGr $\odot$ )

En cosmografía vimos como era posible calcular el AHGr de un astro conociendo la HmGr; luego si nos dan el ángulo horario en Greenwich de un astro podemos determinar la HmGr en ese instante, es el problema inverso.

La hora de la meridiana puede calcularse, aprovechando el AHGr $\odot$  que viene tabulado en el Almanaque Náutico, siempre que se conozca la longitud en ese momento, basándose en que el AHL cuando un astro cruza el meridiano superior es  $0^\circ$  y en el inferior  $180^\circ$ .

En la figura 12.28 vemos que en el momento en que un astro cruza el meridiano celeste de un lugar al W de Greenwich, el AHGr es igual a la longitud (AHGr = GW); en cambio en lugares situados al E de Greenwich el AHGr es igual a  $360^\circ$  menos la longitud (AHGr =  $360^\circ - GE$ ).

Una vez determinado el AHGr que debe tener el Sol para que esté en el meridiano celeste que se desee, bastará entrar al Almanaque Náutico con la fecha y ver a qué HmGr tiene el Sol ese AHGr, lo que puede deducirse al segundo de aproximación. Veámoslo en el ejemplo anterior, en el cual teníamos el 28 de marzo de 1978 a las 09.45 horas, zona + 10, un buque en  $L = 18^\circ 23' S$  y  $G = 149^\circ 53' W$ , con  $Rv = 313^\circ$  y a 22 nudos.

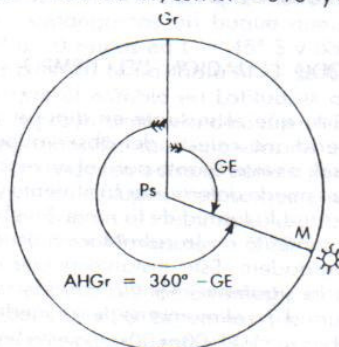


Figura 12.28



## 1ª Aproximación.

En la meridiana AHGr  $\odot$  = GWAHGr  $\odot$  = 149° 53'AN - 28 MARZO AHGr  $\odot$  = 148° 44',6

Dif. = 1° 08',4

para HmGr = 22h 00m 00s

en tiempo = 00h 04m 33,5s

HmGr p $\odot$ ml = 22h 04m 33,5s

Zona = 10h 00m 00s

Hzi p $\odot$  mer. lugar = 12h 04m 33,5s

## 2ª. Aproximación.

Hzi merid. = 12h 04,5m

Hzi observ. = 09h 45,0m

Lapso = 02h 19,5m a 22 nudos = 51',2

Rv

D

N

W

313

51,2

35

37,5

I = 35'N ap = 37,5W

L = 18° 23',0 S.

I = 35',0 N

Le = 17° 48',0 S

L = 18° 23',0 S.

Le = 17° 48',0 S.

 $\Sigma$  = 36° 11',0

Lm = 18°,1 S.

ap = 37°,5 W.

G = 149° 53',0 W.

g = 39°,5 W.

Ge = 150° 32',5 W.

g = 39°,5 W.

En la merid. AHG $\odot$  = GwAHG $\odot$  = 150° 32',5AN - 28 MARZO AHG $\odot$  = 148° 44',6

Dif. = 01° 47',9

para HmGr = 22h 00m 00s

en tiempo = 00h 07m 11,5s

HmGr p $\odot$ mer. I = 22h 07m 11,5s

Zona = -10h 00m 00s

Hzi p $\odot$ mer. I = 12h 07m 11,5s

Cuyo resultado es prácticamente igual al obtenido por el método de ecuación del tiempo.

Para abreviar la 2ª aproximación, podemos aplicar la "Diferencia de Longitud", en tiempo, habida entre la longitud de la 1ª y 2ª aproximación y agregársele a la Hora zona paso meridiano lugar obtenida en la primera aproximación. En el caso anterior tenemos:

G 2ª aprox. = 150° 32',5 W.

G 1ª aprox. = 149° 53',0 W.

g = 39°,5 W.

g = 00h 02m 38',0s

Hzi p $\odot$ m. 1ª ap = 12h 04m 33',5sHzi p $\odot$ m. lugar = 12h 07m 11,5s

Veamos un ejemplo con longitud Este.

El 3 de Abril de 1978 a las Hzl 0831, zona - 9, un buque navega a 17 nudos al Rv = 270, estando en L = 42° 05' N. G = 138° 14' E. desea saber a qué hora tendrá el sol en el meridiano.

### 1ª Aproximación.

$$\begin{aligned} \text{En la merid. AHG} \odot &= 360^\circ - \text{GE} \\ &\text{AHG} \odot = 221^\circ 46',0 \\ \text{AN - 3 ABR - AHG} \odot &= 209^\circ 07,9 \\ \text{Dif.} &= 12^\circ 38,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{para HmGr} &= 02\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \\ \text{en tiempo} &= 00\text{h } 50\text{m } 32,3\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HmGr p } \odot \text{ merid. lugar} &= 02\text{h } 50\text{m } 32,3\text{s} \\ \text{Zona} &= 09 \quad 00 \quad 00 \end{aligned}$$

### 2ª Aproximación.

$$\begin{aligned} \text{Hzl merid.} &= 11\text{h } 50\text{m } 32,3\text{s} \\ \text{Hzl observ.} &= 08\text{h } 31\text{m } 00,5 \\ \text{Lapso} &= 03\text{h } 19\text{m } 32,3\text{s a } 17 \text{ nudos} = 56',6 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{ccc} \text{Rv} & \text{D} & \text{W} \\ 270 & 56,6 & 56,6 = \text{ap.} \end{array}$$

$$\begin{aligned} \text{Lm} &= 42^\circ,1 \text{ N.} \\ \text{ap} &= 56,6 \text{ W.} \end{aligned} \quad \left| \begin{array}{l} g = 76' \text{ W} = 01^\circ 16' \text{ W} = 05\text{m } 04\text{s W.} \end{array} \right.$$

$$\begin{aligned} \text{Hzl p } \odot \text{ ml } 1^\circ \text{ aprox.} &= 11\text{h } 50\text{m } 32,3\text{s} \\ &00\text{h } 05\text{m } 04,0\text{s W} \end{aligned}$$

$$\text{Hzl p } \odot \text{ ml } 2^\circ \text{ aprox.} = 11\text{h } 55\text{m } 36,3\text{s}$$

### C.- METODO TODD PARA DETERMINAR LA HORA DE LA MERIDIANA DEL SOL.

Este método es considerado como el más exacto y en él se acepta que el sol verdadero y el sol medio se mueven a la misma velocidad, considerando que no introduce error sensible.

Para usar este sistema se calculará primero el ángulo al polo (P) del lugar, ello puede hacerse por el sistema de la ecuación del tiempo (Et) o del ángulo horario (AH). Cuando el buque navega al rumbo Norte o Sur, no encontrará diferencia en longitud (g) por lo tanto, el valor de P es lo que falta para el mediodía verdadero, puesto que cuando el sol está en el meridiano, P es igual a cero. Pero si el buque navega a un rumbo que no es exactamente el Norte o Sur, contraerá diferencia de longitud que adelantará o atrasará la hora de la meridiana según se navegue en la componente Este del rumbo o en la componente Oeste respectivamente.

Volvamos al ejemplo del párrafo 12.28, en el cual teníamos que a las Hzl 0945, zona +10, del 28 de Marzo de 1978, un buque navega al Rv = 310° y a 22 nudos, estando en L = 18° 23' S. G = 129° 53' W. y se deseaba saber a qué hora tendrá el sol en el meridiano.

### Cálculo P.

#### Por método Et

$$\begin{aligned} \text{Hzl} &= 09\text{h } 45\text{m } 00\text{s} \\ \text{Zh} &= +10\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \\ \text{HmGr} &= 19\text{h } 45\text{m } 00\text{s} \quad (28 \text{ MARZ}). \\ \text{Et} &= -05\text{m } 03 \\ \text{HvGr} &= 19\text{h } 39\text{m } 57\text{s} \\ \text{G} &= 09\text{h } 59\text{m } 32\text{s W.} \\ \text{Hvl} &= 09\text{h } 40\text{m } 25\text{s} \\ \text{PE} &= 02\text{h } 19\text{m } 35\text{s} = 139,6\text{m} \end{aligned}$$

#### Por método AHGr

$$\begin{aligned} \text{AHGr} &= 103^\circ 44',0 \\ \text{Co} &= 11 \quad 15',0 \\ \text{AHGrCo} &= 114^\circ 59',0 \\ \text{G} &= 149^\circ 53',0 \text{ W.} \\ \text{PE} &= 34^\circ 54',0 \\ &= 02\text{h } 19\text{m } 36\text{s} = 139,6\text{m} \end{aligned}$$



Como ya dijimos, cuando el buque navega al RV = 000° ó 180° no contrae diferencia en longitud (g), por lo tanto, el valor de P es lo que falta para el mediodía verdadero y como el Sol se mueve hacia el W a razón de 15° ó 900' en longitud por hora llegará al meridiano del buque en 02h 19m 36s; en 139,6 minutos. Pero, el buque está navegando al Rv = 313° y a 22 nudos, luego el apartamiento en una hora, que sacamos de la Tabla N° 3, será igual a 15',0 W. Con ap = 15',0 W y L 18°,4 obtenemos de la misma tabla g = 15',8 W en una hora. En consecuencia, el Sol y el buque se están acercando a razón de 900' - 15',8 = 884',2 en longitud por hora. Es decir, 900' debido al movimiento del Sol hacia el W, menos 15',8 que corresponden, al desplazamiento del buque hacia el W.

Es evidente que el Sol y el buque están en el mismo meridiano un poco más tarde que en el caso en que no había diferencia en longitud por parte del buque, Rv = 000° ó 180°, en cuyo caso el lapso para el mediodía verdadero depende íntegramente del movimiento solar de 900' en longitud por hora. En el segundo caso la componente E o W del rumbo del buque introduce una variación que, cuando es W, retarda el arribo del Sol al meridiano en la relación de 900' / 884',2 y el "lapso" para ser mediodía verdadero estará dado por:

$$\text{lapso} = \frac{139,6 \text{ minutos} \times 900}{884,2} = 142,1 \text{ min.} \\ = 02h \ 22m \ 06s$$

En el cálculo del lapso por el AHGr no se considera el movimiento solar de 900' en longitud, porque ello está considerado en la determinación del Angulo Horario, luego sólo dividir el "P" obtenido, por el desplazamiento en longitud del horario del Sol y buque.

Para obtener la hora de la meridiana bastará agregar a la hora zona de la observación el lapso anteriormente calculado.

$$\begin{array}{r} \text{Hzl} = 09h \ 45m \ 00s \\ \text{lapso} = 02h \ 22m \ 06s \\ \hline \text{Hzl Merid.} = 12h \ 07m \ 06s \end{array}$$

Supongamos, ahora, un tercer caso en el que navega contrae una diferencia en longitud "Este" de 15',8 por hora. Esto determina un acerca-

miento horario entre el Sol y el buque de 915',8 en longitud (900' + 15',8) el lapso para ser meridiana estará dado por:

Lapso = P en minutos de tiempo (determinada por Et) x 900 : 915,8 o bien,

Lapso = P en minutos de arco (determinado por AHG) dividido por 915',8.

Fórmulas que pueden resolverse de la manera indicada anteriormente.

El método Todd es además muy práctico cuando se ha observado una recta AM de Sol, puesto que al calcular la recta se obtiene el valor de "P" en arco por el sistema del AHGr; reduciendo este "P" a minutos de arco y dividiendo este valor de "P" por el desplazamiento horario buque-sol obtendremos el lapso en horas y fracción que falta para la hora de la meridiana.

Ejemplo:

Supongamos que un día determinado, navegando al RV = 056° y a 21 nudos se observó recta de Sol a las Hzl = 0912 Zh + 8 en L = 52° 12' S y G = 122° 19' W. Del cálculo se obtuvo HmGr = 17h 12m 14s y P = 44° 39' E = 2679'.

$$\begin{array}{cccc} \text{Rv} & \text{D} & \text{N} & \text{E} \\ 056 & 21 & 11,7 & 17,4 = \text{ap} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} L = 52^\circ \ 12',0 \ \text{S.} \\ l = \quad \quad 11',7 \ \text{S.} \end{array}$$

$$Le = 52^\circ \ 00',3 \ \text{S.}$$

$$\begin{array}{l} Lm = 52^\circ \ \text{S.} \\ \text{ap} = 17,4 \ \text{E.} \end{array} \quad \left| \begin{array}{l} g = 28',2 \ \text{E.} \ (\text{Desplaza-} \\ \text{miento del buque}) \end{array} \right.$$

$$\text{Desplazamiento por hora Buque Sol} = 900' + 28',2 = 928',2$$

$$\text{Lapso} = \frac{P \ (\text{en minutos arco})}{\text{Desplazamiento buque-sol} \ (\text{en minutos de arco})}$$

$$\text{Lapso} = \frac{2679'}{928',2} = 2,886 \text{ horas.} \\ = 02h \ 53m \ 09,6s$$

$$\text{Hzl} = 09h \ 12m \ 00,0s$$

$$\text{Lapso} = 02h \ 53m \ 09,6s$$

$$\text{Hzl merid.} = 12h \ 05m \ 09,6s$$

Si aplicáramos el lapso a la hora del cronómetro (Hcr) o a la hora del comparador (Hcp) del instante de la observación, obtendríamos la Hcr u Hcp para el momento de la meridiana.

"Téngase presente que si en el cálculo del AHGr $\gamma$ , el AHS\* es mayor que la Longitud, habrá que sumarle 360° a la G. para poder restar".

Supongamos que deseamos determinar el AHGr $\gamma$  en lugar de G. = 89° 15',0 W. y que el AHS\* sea igual 240° 42'.

$$\text{AHGr}\gamma = \text{GW} - \text{AHS}^*$$

$$\text{AHGr}^* = 89^\circ 15',0 \text{ W.}$$

$$+360^\circ = 360^\circ 00',0$$

$$449^\circ 15',0$$

$$\text{AHS}^* = 240^\circ 42',0$$

$$\text{AHGr}\gamma = 208^\circ 33',0$$

### 12.30 HORA MERIDIANA PASO INFERIOR DE ESTRELLAS. METODO AHGr $\gamma$ .

Para que una estrella sea "observable" en su culminación inferior, debe ser circumpolar y tener una declinación mínima igual a la colatitud más 15°.

Cuando un astro cruza el meridiano celeste "inferior" su ángulo horario es 180° o 12 horas y la altura es la mínima sobre el horizonte. En este caso la ecuación fundamental es:

$\text{AHGr}\gamma = \text{AHGr}^* + 180 - \text{AHS}^*$ , pero  $\text{AHGr}^* = \text{Gw}$  cuando el astro está en el meridiano, luego  $\text{AHGr}\gamma = \text{GW} + 180 - \text{AHS}^*$  (para longitudes Westes) y  $\text{AHGr}\gamma = (360^\circ - \text{GE}) + 180^\circ - \text{AHS}^*$  (para longitudes Estes).

Un observador en L. = 49° 10' S. G. = 77° 43' W. desea saber a qué hora tendrá Acrux en el meridiano inferior, el día 28 de Agosto de 1978.

$$\text{AHGr}\gamma = \text{Gw} + 180 - \text{AHS}^*$$

METODO AHGr $\gamma$ .

$$\text{GW} = 07^\circ 43',0 \text{ W.}$$

$$+360^\circ = 360^\circ 00',0$$

$$\text{AHGr}^* = 367^\circ 43',0$$

$$\text{AHS}^* = 230^\circ 20',9$$

$$\text{AHGr}\gamma = 137^\circ 22',1$$

$$\text{A.N.-21 JUN. } -\text{AHGr}\gamma = 134^\circ 27',2$$

$$\text{Dif.} = 2^\circ 54',9$$

METODO Hml.

$$\text{Hml p}^*\text{ml} = 14\text{h } 40\text{m } 00\text{s.}$$

$$\text{G} = 00\text{h } 30\text{m } 52\text{W.}$$

$$\text{HmGr paso}^*\text{ml} = 15\text{h } 10\text{m } 52$$

$$\text{Zh} = 00\text{h } 00\text{m } 00$$

$$\text{Hzi paso}^*\text{ m. l} = 15\text{h } 10\text{m } 52\text{s.}$$

$$\text{AHGr}^* = 77^\circ 43',0 \text{ W.}$$

$$+180^\circ = 180^\circ 00',0$$

$$\text{G.} +180^\circ = 257^\circ 43',0$$

$$-\text{AHS}^* = 173^\circ 39',2$$

$$\text{AHGr}\gamma = 84^\circ 03',8$$

$$\text{AN-28 AGO. AHGr} = 81^\circ 08',9$$

$$\text{Dif.} = 02^\circ 54',9$$

$$\text{para HmGr} = 07\text{h } 00\text{m } 00\text{s}$$

$$\text{en tiempo} = 00\text{h } 11\text{m } 38\text{s}$$

$$\text{HmGr paso inf.} = 07\text{h } 11\text{m } 38$$

$$\text{Zh} = 05\text{h } 00\text{m } 00$$

$$\text{Hzi paso infer.} = 02\text{h } 11\text{m } 38\text{s}$$

### 12.31 HORA MERIDIANA DE LOS PLANETAS.

La hora en que un planeta cruza el meridiano celeste de un observador se calcula por el método del AHGr $\gamma$  y en forma similar al procedimiento empleado anteriormente para las estrellas por ser el método más exacto.

Puede también calcularse con el Almanaque Náutico, basándose que trae la HmGr del paso por el meridiano de Greenwich, de los cuatro planetas observables en la mar, y como la diferencia diaria de paso es pequeña se puede considerar que la hora dada por el A.N. es la Hml en que cruzan el meridiano celeste del observador, cualquiera que sea su longitud.

Ejemplo: Un observador en L. = 57° 22' S. G. = 07° 43' W. desea saber a qué hora el planeta Venus cruzará el meridiano el día 21 de Junio de 1978.

(para poder restarle el AHS\*)

$$\text{para HmGr} = 15\text{h } 00\text{m } 00\text{s.}$$

$$\text{en tiempo} = 00\text{h } 11\text{m } 38$$

$$\text{HmGr p}^*\text{m l} = 15\text{h } 11\text{m } 38\text{s.}$$

$$\text{Zona} = 00\text{h } 00\text{m } 00\text{s.}$$

$$\text{Hzi paso}^*\text{ merid. l} = 15\text{h } 11\text{m } 38\text{s.}$$

(Almanaque —MER. Pass)



### METODO AHGr DEL PLANETA.

Sabemos que el AHGr planeta =  $000^\circ$  cuando el astro está en el meridiano de Greenwich. Bastará entonces buscar en el Almanaque Náutico en el día indicado, la HmGr en que el AHGr del planeta sea cero y considerar esta hora como la

$$\begin{aligned}\text{AHGr Venus} &= 000^\circ 00',0 \\ 21\text{-JUN. AHGr Venus} &= 350^\circ 15',8 \\ \text{Dif.} &= 09^\circ 44',2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Hml p*ml} &= 14\text{h } 38\text{m } 57\text{s} \\ G &= 00\text{h } 30\text{m } 52\text{s W.} \\ \text{HmGr paso} &= 15\text{h } 09\text{m } 49\text{s} \\ Z\text{h} &= 00\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \\ \text{Hzi p*ml} &= 15\text{h } 09\text{m } 49\text{s}\end{aligned}$$

### 12.32 PASO DE LA LUNA POR EL MERIDIANO.

La hora del paso de la Luna por el meridiano celeste de Greenwich viene dada en el Almanaque Náutico para cada día del año. Para calcular la hora del cruce por otro meridiano celeste cualquiera, será necesario apoyarse en este dato, debido al gran movimiento en ascensión recta de la Luna.

Supongamos que un día cualquiera la Luna culmina en Greenwich a las HmGr = 10.00. En ese momento en un lugar Longitud  $60^\circ$  W. tendrá Hml = 06.00 horas, pero cuando la luna llegue al meridiano del lugar, habrán transcurrido 04.00 horas (la tierra gira a  $15^\circ$  por hora); luego la Hml será igual a 10.00 horas aproximadamente.

De lo anterior se deduce que el Almanaque Náutico da la Hml aproximada del paso de la luna para cualquier lugar de la Tierra.

Sabemos que el día lunar es más largo que el día medio en más o menos 50 minutos y que esto se debe al movimiento en ascensión recta de la Luna, luego el satélite cruzará diariamente el meridiano celeste del observador alrededor de 50 minutos más tarde. El atraso diario exacto, puede obtenerse restando las horas del paso por el meridiano de Greenwich entre dos días consecutivos.

En la figura 12.32 tenemos el Sol y la Luna cruzando simultáneamente el meridiano celeste

Hml del paso planeta por el meridiano del lugar, debido a que la diferencia "diaria" del paso es muy pequeña, y es por esto que la hora dada por el A.N. puede considerarse como si fuera la Hml en que pase por el meridiano, cualquiera que sea su longitud. Hagamos el mismo ejemplo anterior.

$$\begin{aligned}\text{para HmGr} &= 14\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \\ \text{en tiempo} &= 00\text{h } 38\text{m } 57\text{s} \\ \text{HmGr p* m Gr} &= 14\text{h } 38\text{m } 57\text{s}\end{aligned}$$

de un observador A; B es el astro observado situado sobre el meridiano  $75^\circ$  W. Cuando el Sol está en el meridiano de B, la Luna debido a su movimiento en ascensión recta, se habrá ido retrasando y estará un poco más al Este tal como C.

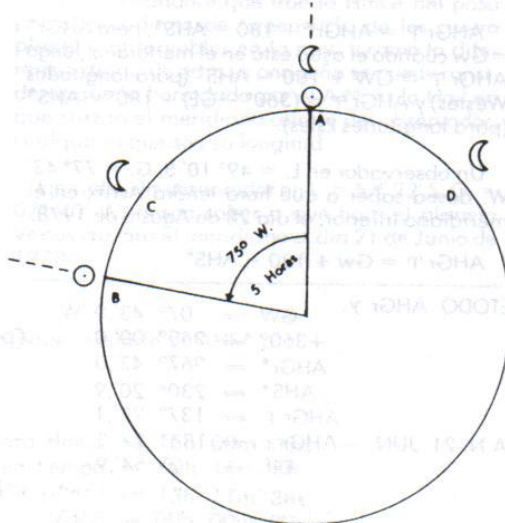


Figura 12.32

Cuando la tierra da una revolución completa y el Sol nuevamente esté en el meridiano de A, la Luna estará en D, es decir que AD representa lo que la Luna se atrasó al paso por el meridiano el día considerado, en consecuencia:

BC es a AD como la Longitud de B es a 360°; esto es:

$$\frac{BC}{AD} = \frac{75^\circ}{360^\circ}$$

$$BC = \frac{75^\circ}{360^\circ} \times AD$$

$$BC = \frac{75^\circ}{360^\circ} \times \text{Diferencia Diaria}$$

Tenemos que el paso de la Luna por el meridiano de Greenwich el:

13 de Sep. de 1978. HmGr = 21h 20m 57m.

14 de Sep. de 1978. HmGr = 22 17

15 de Sep. de 1978. HmGr = 23 12 55m.

Supongamos que el día que estamos considerando sea el 14 de Septiembre. Si la diferencia entre ese día y siguiente es 55 minutos, la Luna cruzará el meridiano 75° W., 5 horas después de hacerlo por el de Greenwich, "Más" una corrección debido al movimiento de ARC que varía con la Longitud, dada por la siguiente relación:

$$\text{co. G} = \frac{G^\circ \text{ y décimos} \times \text{Diferencia Diaria en minutos}}{360^\circ} = \frac{75 \times 55}{360^\circ} = 11,5\text{m}$$

la que podemos obtener también en la forma que se indica.

$$\text{co. G} = \frac{G \text{ en horas y décimos}}{24 \text{ horas}} \times \text{Diferencia Diaria en minutos} = \frac{5,0 \times 55}{24} = 11,5 \text{ m.}$$

Corrección que tiene signo Positivo cuando "G" es Weste y negativo cuando la "G" es Este, como veremos a continuación.

La Tabla II del Almanaque Náutico (Páginas amarillas) resuelve esta fórmula, entrando con la Longitud al grado y la diferencia diaria, vemos que la luna en ir del meridiano celeste de Greenwich al meridiano celeste del observador en G = 75° W. sufre un retardo proporcional a la Longitud y en este caso la Hml en el momento del paso por el meridiano del lugar es de 11,5 minutos mayor que la hora del cruce en Gr. Si B estuviera en G. 75° E. el paso ocurriría antes que en Greenwich; "y la diferencia debe tomarse entonces entre el día pedido y el anterior".

Esto nos indica que cuando se determine la hora del paso tomando como "base" la HmGr del día considerado, la "variación horaria" para longitudes Este es la comprendida entre el día considerado y el anterior, en cambio para longitudes Weste es la comprendida entre el día considerado y el siguiente.

Resumiendo:

1) En lugares de Longitud Weste la hora del paso de la Luna por el meridiano del lugar ocurre

"después" de la hora del paso en Greenwich en una cantidad igual a la "variación horaria" (diferencia dividida por 24) entre el día considerado y el siguiente multiplicado por la Longitud al décimo de hora. Este producto se llama "CORRECCION POR LONGITUD" y debe "sumarse" a la HmGr de la culminación dada por el Almanaque Náutico para obtener la Hml.

$$\text{Co GW} = \frac{\text{Dif. en min.}}{24} \times G \text{ en horas y décimos.}$$

La corrección es "POSITIVA".

2º) En lugares de Longitud Este, la hora del paso ocurre "antes" que en Greenwich en una cantidad igual a la "variación horaria", multiplicado por la longitud al décimo de hora, producto que debe "restarse" a la HmGr de la culminación dada por el A. N. para obtener la Hml.

$$\text{Co GE} = \frac{\text{Dif. en min.}}{24} \times G \text{ en horas y décimos.}$$



La corrección es "NEGATIVA".

Ejemplo:

Determinemos a qué hora estará la Luna en el meridiano el día 14 de Septiembre de 1978 en  $G = 75^\circ W.$  y en  $G = 75^\circ E.$

Para un lugar  $75^\circ W.$

|                  |               |   |        |       |                  |
|------------------|---------------|---|--------|-------|------------------|
| Día considerado. | HmGr p d m Gr | = | 22h    | 17m   | (A.N. MER. PASS) |
| Día siguiente.   | HmGr p d m Gr | = | 23     | 12    | (A.N. MER. PASS) |
|                  | Dif           | = | 55m    |       |                  |
|                  | Dif. X G      | = | 55 X 5 |       |                  |
|                  | Co GW         | = | 24     | 24    | = 11,5 (+)       |
|                  | HmGr p d m Gr | = | 22h    | 17m   |                  |
|                  | Co GW         | = |        | +11,5 | (+ porque es W.) |
|                  | Hml p d ml    | = | 22     | 28,5  |                  |
|                  | G             | = | 05     | 00    | W                |
|                  | HmGr p d ml   | = | 03     | 28,5  | (15 SEP.)        |
|                  | Zona          | = | 05     | 00    |                  |
|                  | Hh p d ml     | = | 22h    | 28,5m | (14 SEP.)        |

Para un lugar  $75^\circ E.$

|                  |               |   |        |       |                 |
|------------------|---------------|---|--------|-------|-----------------|
| Día considerado. | HmGr p d m Gr | = | 22h    | 17m   |                 |
| Día anterior.    | HmGr p d m Gr | = | 21     | 20    |                 |
|                  | Dif.          | = | 57m    |       |                 |
|                  | Co GE         | = | 57 x 5 |       |                 |
|                  |               | = | 24     |       | = -11,9         |
|                  | HmGr p d m Gr | = | 22h    | 17m   | (14 SEP)        |
|                  | Co GE         | = |        | -11,9 | (- porque es E) |
|                  | Hml p d ml    | = | 22     | 05,1  |                 |
|                  | G             | = | 05     | 00    | E               |
|                  | HmGr p d ml   | = | 17     | 05,1  |                 |
|                  | Zh            | = | 05     | 00    |                 |
|                  | Hh p d ml     | = | 22h    | 05,1m | (14 SEP)        |

### 12.33 PASO DE LA LUNA POR EL MERIDIANO. METODO AHGr d.

Primeramente habría que ubicar en el Almanaque Náutico la hora en que la Luna cruza el meridiano de Greenwich, lo que ocurre cuando su AHGr =  $000^\circ$ . Obtenida esta HmGr, se le hace la corrección por longitud, como ya se ha visto anteriormente y se tendrá la Hml del paso de la Luna por el meridiano del lugar, a la cual se le

aplicará la "G" para obtener la HmGr del paso de la Luna por el meridiano del lugar y la zona para tener la Hora Zona del paso de la Luna por el meridiano del lugar.

Veamos por este método el ejemplo anterior:

14 de Septiembre de 1978, PARA UN LUGAR DE  $G. 75^\circ W.$

$$\begin{aligned} \text{AHGr } \zeta &= 00^\circ 00',0 \\ \text{A.N. 14 SEP AHG } \zeta &= 355^\circ 58',2 \\ \text{Dif} &= 04^\circ 01',8 \end{aligned}$$

$$\text{Co GW} = \frac{\text{Dif.}}{24} \times G = \frac{55 \times 5}{24} = 11,5$$

14 de septiembre de 1978, PARA UN LUGAR  
DE G. 75° E.

$$\begin{aligned} \text{AHGr } \zeta &= 00^\circ 00',0 \\ \text{A.N. 14 SEP AHGr } \zeta &= 355^\circ 58',2 \\ \text{Dif} &= 04^\circ 01',8 \end{aligned}$$

$$\text{Co GE} = \frac{\text{Dif. diar.}}{24} \times G = \frac{57 \times 5}{24} = 11,9$$

#### METODO POR LONGITUDES

Cuando se usa este método se calcula la HmGr exacta para AHGr  $\zeta = \text{GW}$ . A la hora obtenida que, como hemos visto, puede considerarse como la Hml del paso de la Luna por el meridiano del lugar, se le corrige la zona horaria y se tiene la hora zona del lugar del paso de la Luna por el meridiano del lugar. Veamos el mismo ejemplo anterior.

14 de septiembre de 1978, LONGITUD WESTE  
(75° W; Zona + 5).

$$\begin{aligned} \text{AHGr } \zeta \text{ GW} &= 75^\circ 00',0 \\ \text{A.N. 14 SEP AHG } \zeta &= 68^\circ 10',5 \\ \text{Dif} &= 06^\circ 49',5 \end{aligned}$$

14 de septiembre de 1978, LONGITUD ESTE  
(75° E; Zona - 5).

$$\begin{aligned} \text{GE} &= 75^\circ 00',0 \\ \text{AHGr } \zeta = \text{GW} &= 285^\circ 00',0 \\ \text{A.N. 14 SEP AHGr } \zeta &= 283^\circ 46',9 \\ \text{Dif} &= 01^\circ 13',1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{para HmGr} &= 22\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \\ \text{en tiempo} &= 16 \quad 53 \\ \text{HmGr p } \zeta \text{ m Gr} &= 22 \quad 16 \quad 53 \\ \text{Co GW} &= + \quad 11 \quad 30 \quad (+ \text{GW}) \\ \text{Hml p } \zeta \text{ ml} &= 22 \quad 28 \quad 23 \\ \text{G} &= 05 \quad 00 \quad 00 \quad \text{W} \\ \text{HmGr p } \zeta \text{ ml} &= 03 \quad 28 \quad 23 \quad (15 \text{ SEP}) \\ \text{Zh} &= 05 \quad 00 \quad 00 \\ \text{Hzi p } \zeta \text{ ml} &= 22\text{h } 28\text{m } 23\text{s} \quad (14 \text{ SEP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{para HmGr} &= 22\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \\ \text{en tiempo} &= 16 \quad 53 \\ \text{HmGr p } \zeta \text{ m Gr} &= 22 \quad 16 \quad 53 \\ \text{Co GE} &= - \quad 11 \quad 54 \quad (-\text{GE}) \\ \text{Hml p } \zeta \text{ ml} &= 22 \quad 04 \quad 59 \\ \text{G} &= 05 \quad 00 \quad 00 \quad \text{E} \\ \text{HmGr p } \zeta \text{ ml} &= 17 \quad 04 \quad 59 \\ \text{Zh} &= 05 \quad 00 \quad 00 \\ \text{Hzi p } \zeta \text{ ml} &= 22\text{h } 04\text{m } 59\text{s} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{para HmGr} &= 03\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \quad (15 \text{ SEP}) \\ \text{en tiempo} &= 28 \quad 36 \\ \text{HmGr p } \zeta \text{ ml} &= 03 \quad 28 \quad 36 \quad (15 \text{ SEP}) \\ \text{Zh} &= 05 \quad 00 \quad 00 \quad \text{W} \\ \text{Hzi p } \zeta \text{ ml} &= 22\text{h } 28\text{m } 36\text{s} \quad (14 \text{ SEP}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{para HmGr} &= 17\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \\ \text{en tiempo} &= 05 \quad 06 \\ \text{HmGr p } \zeta \text{ ml} &= 17 \quad 05 \quad 06 \\ \text{Z} &= 05 \quad 00 \quad 00 \quad \text{E} \\ \text{Hzi p } \zeta \text{ ml} &= 22\text{h } 05\text{m } 06\text{s} \end{aligned}$$



En los ejemplos que se han hecho puede apreciarse que los resultados obtenidos son prácticamente iguales.

#### 12.34 ASTROS QUE CRUZAN EL MERIDIANO EN UN CIERTO LAPSO.

Las estrellas o planetas que pasan por el meridiano de un observador durante un cierto lapso, pueden determinarse muy fácilmente por el identificador de estrellas o bien basándose en la ecuación fundamental:

$$\begin{aligned} \text{de donde} \quad \text{AHGr}^* &= \text{AHGr}^\gamma + \text{AHS}^* \\ \text{o} \quad \text{AHS}^* &= \text{AHGr}^* - \text{AHGr}^\gamma \\ \text{AHS}^* &= \text{Gw} - \text{AHGr}^\gamma \end{aligned}$$

En esta última ecuación conocemos GW que es la longitud contada desde Greenwich por el Weste de  $0^\circ$  a  $360^\circ$ . También tenemos la Hzl entre las que deseamos conocer las estrellas que pasarán por el meridiano, luego con Hzl y Zh obtendremos la HmGr. Con esta HmGr determinamos exactamente el AHGr $^\gamma$  cuya diferencia con GW nos da el AHS $^*$ . En caso que la GW sea menor que el AHGr $^\gamma$ , hay que sumarle a la GW  $360^\circ$  para poder restar. No olvidar que si la longitud es Este se convierte en Weste restándola de  $360^\circ$ .

Al AHS $^*$  obtenido le restamos el lapso entre los cuales se debe observar, reducido a arco en lugar de horas, tendremos otro AHS $^*$ . Entrando al Almanaque Náutico con la fecha, se busca aquellos astros cuyo valor del AHS $^*$  están comprendido entre los valores de los dos AHS determinados. También se puede hacer el cálculo independiente para cada hora zona, el resultado es prácticamente idéntico.

#### EJEMPLO:

Qué astros cruzan el meridiano celeste de un observador en Iquique L =  $20^\circ 13' \text{ S}$ . G =  $70^\circ 13' \text{ W}$ . entre las 03.15 y 05.15 horas (zona + 4) el día 10 de Mayo de 1978.

$$\begin{aligned} \text{Hzl} &= 03\text{h } 15\text{m} \\ \text{Zh} &= 04\text{h } 00\text{m} \\ \hline \text{HmGr} &= 07\text{h } 15\text{m} \\ \text{AHGr}^\gamma &= 332^\circ 43',6 \\ \text{co} &= 3^\circ 45',6 \\ \hline \text{AHGr}^\gamma &= 336^\circ 29',2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GW} &= 70^\circ 13',0 \\ (\text{Para restar}) &= +360^\circ 00',0 \\ \hline \text{GW} &= 430^\circ 13',0 \\ \text{AHGr}^\gamma &= 336^\circ 29',2 \\ \hline \text{AHS}^* &= 93^\circ 43',8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Hzl} &= 05\text{h } 15\text{m} \\ \text{Zh} &= 04\text{h } 00\text{m} \\ \hline \text{HmGr} &= 09\text{h } 15\text{m} \\ \text{AHGr}^\gamma &= 02^\circ 48',6 \\ \text{Co} &= 3^\circ 45',6 \\ \hline \text{AHGr}^\gamma &= 06^\circ 34',2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{GW} &= 70^\circ 13',0 \\ \text{AHGr}^\gamma &= 06^\circ 34',2 \\ \hline \text{AHS}^* &= 63^\circ 38',8 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 0 \text{ Bien} &= \text{Hzl} = 05\text{h } 15\text{m} \\ &= \text{Zh} = 03\text{h } 15\text{m} \\ \text{laps} \odot &= 02\text{h } 00\text{m} = 30^\circ \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AHS}^* &= 93^\circ 43',8 \\ \text{laps} \odot &= 30^\circ 0',0 \\ \hline \text{AHS}^* &= 63^\circ 43',8 \end{aligned}$$

A.N. 10 de Mayo de 1978. Entre AHS $^*$   $93^\circ 43'$  y  $63^\circ 38'$  estrellas que cruzan el meridiano: Eltanin, Kauss Aust, Nunki y Vega.

La parte correspondiente a los planetas nos indica que ninguno cruza el meridiano entre horas pedidas.

Para localizar los astros que cruzan el meridiano inferior debemos agregar  $180^\circ$  a las AHS $^*$  límites, que se habían calculado.

$$\begin{aligned} \text{AHS}^* &= 93^\circ 43',8 \\ &= 180^\circ \\ \hline \text{AHS}^* &= 273^\circ 43',8 \\ \text{AHS}^* &= 63^\circ 38',8 \\ &= 180^\circ \\ \hline \text{AHS}^* &= 243^\circ 38',8 \end{aligned}$$

Las estrellas que están entre estos ángulos horarios sidéreos son: Betelgueuse - Mirzam - Canopus - Sirius - Castor - Pollux - Procyon - Adhara y el planeta Júpiter.

Por otra parte, ninguno de estos astros es visible en su paso por el meridiano inferior, debido a que sus declinaciones son menores de  $70^\circ$  y para que sean visibles, hemos visto que "D" debe ser igual o mayor que la colatitud.

### 12.35 CALCULO DE LA LATITUD.

Sabemos que la Latitud es "la altura del Polo sobre el horizonte", o bien "la declinación del zenit". La Latitud puede determinarse:

- I) Por la altura meridiana de un astro.
- II) Por la altura circunmeridiana de un astro.
- III) Por la altura de la estrella polar (en el Hemisferio Norte).

#### I.- LATITUD POR ALTURA MERIDIANA DE UN ASTRO PASO SUPERIOR. (Figura 12.35).

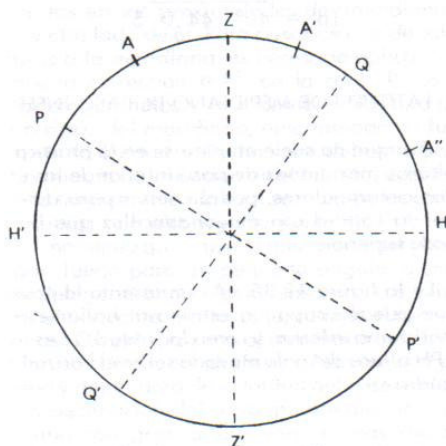


Figura 12.35

Supongamos que el círculo de la figura 12.35 sea el meridiano de un observador cuyo zenit es Z, y HH' su horizonte; PP' la línea de los polos del mundo y QQ' el Ecuador. A, A' y A'' la posición de 3 astros, luego QZ será la Latitud. En estos tres casos tenemos:

$$\begin{aligned} QZ &= QA - ZA = D - Dz \\ QZ &= QA' + ZA' = D + Dz \\ QZ &= A''Z - A''Q = Dz - D \end{aligned}$$

en cuyas expresiones se ve que, atendiendo únicamente a los valores numéricos, la Latitud es igual a la suma o diferencia de la declinación y distancia zenital.

Estas ecuaciones pueden reducirse a una sola, ignorando signos a la distancia zenital en la siguiente forma. "La Dz es Norte, cuando para observar el astro hay que volver la espalda al Norte".

"La Dz tiene signo Sur en el caso contrario".

Según esto, y suponiendo que en el caso de la figura 12.35, P sea el polo Norte tendremos:

$$\begin{aligned} LN &= DN - DzS \\ LN &= DN + DzN \\ LN &= DzN - DS \end{aligned}$$

es decir, "que la Latitud es igual a la suma de la distancia zenital y declinación, cuando estas cantidades son del mismo signo y a su diferencia cuando son de signos contrarios. En el primer caso, la Latitud tiene el mismo signo que sus componentes y en el segundo, el del mayor".

#### RESUMEN.

|                                   |                |
|-----------------------------------|----------------|
|                                   | Mismo signo    |
| $L = D + Dz$                      |                |
|                                   | Distinto signo |
| $L = D - Dz$                      |                |
| (mayor — menor y signo del mayor) |                |

$Dz = S$  cuando la espalda del observador está al Sur.

$Dz = N$  cuando la espalda del observador está hacia el Norte.

Para determinar la Latitud, se observará la altura meridiana, paso superior del astro elegido con tal objeto; se determinará la HmGr, por medio de la Longitud estimada y se tomará del Almanaque Náutico la declinación del astro que se corregirá para esa hora. Luego se reducirá la altura instrumental a altura verdadera, y se tomará su complemento para obtener la distancia zenital y sumándola o restándola de la declinación según las reglas indicadas, se tendrá la Latitud.

Tratándose del Sol, cuya altura meridiana se observa todos los días cuando se navega en altura, siendo además casi la única empleada en la mar, se sabe que la hora de su paso por el meridiano superior, ocurre a las 12.00 horas de tiempo verdadero; de modo que, como el Almanaque Náutico da todos los datos para tiempo medio, se reducirá primeramente la Hvl a Hml aplicando la Et (que se deducirá para la HmGr aproximada) y enseguida se pasará a la HmGr con la G. (Ver párrafos 12.27 - 12.28 - 12.29 - 12.30 y 12.31).



## EJEMPLO CON EL SOL.

El 25 de Mayo de 1978 en  $Ge = 46^{\circ} 25' W.$ , se observó la altura meridiana del Sol, espalda al Norte  $Ai\odot = 66^{\circ} 53',8$   $Ei = + 2'$   $Eojo = 39$  pies. Calcular la Latitud.

$$\begin{aligned}
 Hvl &= 12h \ 00m \ 00s \\
 Et &= 00h \ 03m \ 12s \\
 Hml &= 11h \ 56m \ 48s \\
 G &= 03h \ 05m \ 40s \ W. \\
 HmGr &= 15h \ 02m \ 28s \\
 D\odot &= 20^{\circ} \ 57',3 \ N \\
 co. d &= 0',0 \\
 D\odot Co &= 20^{\circ} \ 57',3 \ N \\
 Ai\odot &= 66^{\circ} \ 53',8 \\
 Ei &= + 2',0 \\
 Ao\odot &= 66^{\circ} \ 55',8 \\
 Dip &= - 6',1 \\
 Aap\odot &= 66^{\circ} \ 49',7 \\
 CT &= +15',5 \\
 Av\odot &= 67^{\circ} \ 05',2 \\
 90 &= 89^{\circ} \ 60',0 \\
 Dzv &= 22^{\circ} \ 54',8 \ N. \\
 D\odot &= 20^{\circ} \ 57',3 \ N. \\
 Lo &= 43^{\circ} \ 52',1 \ N.
 \end{aligned}$$

## EJEMPLO CON ESTRELLAS.

El 2 de Noviembre de 1978 se observó Sirius en el meridiano  $Ai^* = 45^{\circ} 28'$ , espalda al Norte.  $Eojo = 40$  pies  $Ei = + 1',7$ . Calcular la Latitud.

$$\begin{aligned}
 Ai^* &= 45^{\circ} \ 28',5 \\
 Ei &= + 1',7 \\
 Ao^* &= 45^{\circ} \ 30',2 \\
 Dip &= - 6',1 \\
 Aap^* &= 45^{\circ} \ 24',1 \\
 CT &= - 1',0 \\
 Av^* &= 45^{\circ} \ 23',1 \\
 90 &= 89^{\circ} \ 60',0 \\
 Dzv &= 44^{\circ} \ 36',9 \ N. \\
 D^* &= 16^{\circ} \ 41',2 \ S. \\
 Lo &= 27^{\circ} \ 55',7 \ N.
 \end{aligned}$$

## EJEMPLO CON PLANETA.

El 4 de Abril de 1978 en  $Le = 40^{\circ} 38',5 \ S.$  y  $Ge = 75^{\circ} 12',5 \ W.$ , se observó el planeta Marte al cruzar el meridiano, espalda al sur, a las 14mGr 00h 10m del 5 de Abril.  $Eojo = 30$  pies  $Ei = -2',0$   $Ai^* = 26^{\circ} 16',5$ . Calcular la Latitud.

$$HmGr = 00h \ 10m \ (5 \ ABR)$$

$$D^* = 23^{\circ} \ 08',8 \ N$$

$$cd = 0',0$$

$$D^*co = 23^{\circ} \ 08',8 \ N$$

$$Ai^* = 26^{\circ} \ 16',5$$

$$Ei = - 2',0$$

$$Ao^* = 26^{\circ} \ 14',5$$

$$Dip = - 5',3$$

$$Aap^* = 26^{\circ} \ 09',2$$

$$CT = - 2',0$$

$$Av^* = 26^{\circ} \ 07',2$$

$$90 = 89^{\circ} \ 60',0$$

$$Dzv = 63^{\circ} \ 52',8 \ S$$

$$D^* = 23^{\circ} \ 08',8 \ N$$

$$Lo = 40^{\circ} \ 44',0 \ S$$

## LATITUD POR MERIDIANO DE PASO INFERIOR.

Aunque no suele emplearse en la práctica, las alturas meridianas de paso inferior de las estrellas circumpolares, podrán servir para determinar la Latitud con mayor sencillez que las del paso superior.

En la figura 12.35, "A" representa la posición que puede ocupar la estrella al hallarse en el meridiano inferior, y como la Latitud QZ es igual a PH altura del polo elevado sobre el horizonte se tendrá:

$$PH = HA'' + A'' \ P.$$

$$= \text{Altura del astro} + \text{distancia polar.}$$

$$\text{entonces } L = Av + \Delta.$$

en cuya expresión no hay que atender a signos y la Latitud será siempre de la misma especie que el polo elevado.

## EJEMPLO:

El 17 de Junio de 1978 en  $L = 48^{\circ} 15' \ S.$  y  $G = 78^{\circ} 35' \ W.$  se observó el paso de la estrella Peacock por el meridiano inferior y obtuvo  $Aim = 15^{\circ} 02',4$   $Ei = -0',5$   $Eojo = 25$  pies. Calcular Latitud.

$$L = Av + \Delta$$

$$90 = 89^{\circ} \ 60',0$$

$$D^* = 56^{\circ} \ 48',0 \ S.$$

$$\Delta = 33^{\circ} \ 12',0$$

|          |                               |
|----------|-------------------------------|
| $Ai^*$   | $= 15^\circ 02',4$            |
| $Ei$     | $= - 0',5$                    |
| $Ao^*$   | $= 15^\circ 01',9$            |
| $Dip$    | $= - 4',9$                    |
| $Aap^*$  | $= 14^\circ 57',0$            |
| $CT$     | $= - 3',6$                    |
| $Av^*$   | $= 14^\circ 53',4$            |
| $\Delta$ | $= 33^\circ 12',0$            |
| $Lo$     | $= 48^\circ 05',4 \text{ S.}$ |

## II.- LATITUD POR ALTURAS CIRCUNMERIDIANAS.

Se llaman alturas "circunmeridianas", las observadas en las proximidades del meridiano a uno y otro lado de él. Para pasar de una de estas alturas a la meridiana, es necesario aplicar una pequeña corrección  $\alpha P^2$ , en la cual "P" es el horario en minutos y  $\alpha$  el cambio de altura del astro cerca del meridiano, determinado en función de la Latitud y Declinación del astro para cada minuto de variación en el horario; debido a que la trayectoria en la cual se mueven los astros son curvas que alcanzan su punto más elevado en el momento que cruza el meridiano del observador; luego para un pequeño ángulo, a cada lado del meridiano, estas curvas serán casi paralelas al horizonte; por lo tanto, cuando el astro en su recorrido está próximo al meridiano del observador, su cambio en altura es relativamente pequeño y dependerá de la latitud del observador y de la declinación del astro, puesto que uno que culmina con gran altura variará más rápidamente que otro que lo haga con poca altura.

La Tabla 29 Bowditch nos da el valor de  $\alpha$  para diferentes combinaciones de la Latitud y Declinación; siendo  $\alpha$  el cambio de altura del astro cerca del meridiano, por cada minuto de tiempo (15' de arco) de ángulo al polo.

Trigonométricamente se prueba que si un astro varía  $\alpha$  segundos de arco en altura mientras varía un minuto de tiempo en ángulo al polo, en otro período pequeño de "P" minutos de tiempo, entre los cuales los movimientos en altura son insignificantes, la variación en altura será  $\alpha P^2$  en minutos de arco.

La Tabla N° 29 se compone de tres partes:

1) Una para Latitud y Declinación del mismo signo (pág. izquierda).

2) Otra para Latitud y Declinación de distintos nombres (pág. derecha).

3) Para observaciones de circunmeridianas en el "paso inferior". L y D mismos signos (pág. derecha abajo).

En el uso de éstas debe tenerse especial cuidado de entrar en la parte correspondiente.

Para determinar " $\alpha P^2$ " existe la Tabla 30 de Bowditch en la cual está tabulada esta corrección para los distintos valores de " $\alpha$ " y de "P" lo que hace muy práctico y exacto el método.

La corrección " $\alpha P^2$ " tiene signo "Positivo" para las alturas observadas cerca del meridiano superior, debido a que la altura obtenida será menor a la que le corresponde cuando el astro está en el meridiano. Tendrá signo "negativo" para las alturas observadas cerca del meridiano inferior, puesto que cuando el astro pasa por ese meridiano, su altura será mínima sobre el horizonte, luego antes o después que esto ocurra, las alturas serán mayores.

La corrección  $\alpha P^2$  siempre se aplica a la Av de la observación obteniendo la Altura Meridiana ( $A_m$ ), cuya Distancia Zenital ( $D_z$ ) combinada con la Declinación del astro, ( $D$ ) en el momento de la observación nos dará la Latitud Observada en ese mismo instante. Para obtener la correspondiente al "mediodía verdadero" bastará hacer estima de acuerdo con la magnitud del P, al rumbo y velocidad del buque.

Cuando exista temor que la nubosidad impida tomar la meridiana; el navegante deberá tomar varias circunmeridianas y ocupará para su cálculo la más cercana al meridiano y dentro de éstas, la que le ofrezca mayor seguridad de buena observación.

Si se desea, puede determinarse con anticipación las horas en que se puede observar circunmeridianas; para ello bastará entrar a la Tabla 29 con la Latitud y Declinación para mediodía verdadero y sacar el valor de  $\alpha$ , con este valor se entra a la Tabla 30 y se correrá por su horizontal hasta encontrar el máximo valor de P en "arco" y "tiempo"; este valor con signo más y menos se le aplica a la hora meridiana y dará las horas entre las cuales puede observarse circunmeridianas.



## EJEMPLO:

El 7 de Julio de 1978 en  $L = 30^\circ \text{ N.}$  y  $G = 91^\circ 30' \text{ W.}$  Zona +6, se desea saber entre qué horas puede observarse circunmeridianas de Sol.

1º- Se calcula hora de la meridiana.

$$\begin{aligned} \text{AHG} \odot &= \text{GW} = 91^\circ 30,0 \\ \text{AHG} \odot \text{ A.N. 7 JUL.} &= 88^\circ 47,5 \\ \text{Dif} &= 02^\circ 42,5 \end{aligned}$$

$$\text{D} \odot = 22^\circ 34,0 \text{ N}$$

2º Se calcula  $\alpha$

$$\begin{array}{l|l} L = 30^\circ \text{ N.} & T \ 29 \ \alpha = 12'' \\ \text{D} \odot = 22^\circ,6 \text{ N.} & \end{array}$$

3.- Se entra a la Tabla 30 con  $\alpha = 12''$  y se obtiene un  $\alpha P^2$  máximo = 28',8 que corresponde a un  $P = 12 \text{ m } 00 \text{ s.}$

Luego puede observarse circunmeridiana entre la  $\text{Hzi} = 12 \text{ h } 10 \text{ m } 50 \text{ s} + 12 \text{ m } 00 \text{ s.}$  y la  $\text{Hzi} = 12 \text{ h } 10 \text{ m } 50 \text{ s} - 12 \text{ m } 00 \text{ s.}$  Es decir entre las 11h 58m 50s y las 12h 22m 50s.

Si la Longitud estimada es errónea, el cálculo de la hora del paso del astro por el meridiano también lo será. Igualmente, si el cálculo del ángulo al Polo (P) se hace con una Longitud estimada errónea, el P resultará con error, error que repercute en la altura, siendo más sensible aún en las circunmeridianas, ya que P se transforma en  $P^2$  en la corrección; por lo tanto el error resultará aumentado considerablemente y, en consecuencia, la Latitud será errónea. En estas condi-

$$\begin{aligned} \text{Hcp} &= 11 \text{ h } 57 \text{ m } 18,0 \text{ s} \\ \text{cp} &= 06 \text{ h } 24 \text{ m } 36,0 \text{ s} \\ \text{Ea} &= 00 \text{ h } 28 \text{ m } 50,5 \text{ s} \\ \text{HmGr} &= 18 \text{ h } 50 \text{ m } 44,5 \text{ s} \quad (11 \text{ MAY}) \\ \text{AHG} \odot &= 90^\circ 55',4 & \text{D} \odot &= 17^\circ 55',3 \text{ N.} \\ \text{Co} &= 12^\circ 41',2 & \text{cod} &= +0,5 \\ \text{AHG} \odot \text{ Co} &= 103^\circ 36',6 & \text{D} \odot \text{ Co} &= 17^\circ 55',8 \text{ N.} \\ \text{Ge} &= 106^\circ 20',0 \text{ W.} \\ \text{P} &= 02^\circ 43',4 \text{ E.} & \alpha &= 2'',4 \\ \text{D} &= 17^\circ 55',8 \text{ N.} & \alpha P^2 &= 4',8 \\ \text{Le} &= 27^\circ 02',0 \text{ S.} \end{aligned}$$

$$L = \text{Dz} - \text{D}$$

$$\begin{aligned} \text{para HmGr} &= 18 \text{ h } 00 \text{ m } 00 \text{ s} \\ \text{en tiempo} &= 00 \text{ h } 10 \text{ m } 50 \text{ s} \\ \text{HmGr merid} &= 18 \text{ h } 10 \text{ m } 50 \text{ s} \\ \text{Zh} &= -06 \text{ h} \\ \text{Hzi merid} &= 12 \text{ h } 10 \text{ m } 50 \text{ s} \end{aligned}$$

ciones su empleo debe ser cuidadoso, muy especialmente cuando tiene un gran valor, lo que ocurre con alturas sobre  $60^\circ$ .

Los errores anteriormente señalados, no afectan a la recta de posición trazada a ángulo recto con el azimut. Por este motivo cuando se dude de la Longitud, debe emplearse la Latitud calculada de la circunmeridiana como una coordenada de un punto en la recta de posición.

## EJEMPLO DE CALCULO DE LA LATITUD POR CIRCUNMERIDIANA.

El 11 de Mayo de 1978 en  $L = 27^\circ 02' \text{ S.}$   $G = 106^\circ 20' \text{ W.}$ , siendo  $\text{Hzi} = 11 \text{ h } 50 \text{ m}$   $\text{Zh} + 7$ , se observó circunmeridiana de Sol a las  $\text{Hcp} = 11 \text{ h } 57 \text{ m } 18 \text{ s}$   $\text{cp} = 06 \text{ h } 24 \text{ m } 36 \text{ s}$   $\text{Ea} = 00 \text{ h } 28 \text{ m } 50 \text{ s}$ ,  $\text{Ai} \odot = 44^\circ 37'$   $\text{Ei} = +0',9$   $\text{Eojo} = 15'$ . Espalda al Sur.

$$\begin{aligned} \text{Hzi} &= 11 \text{ h } 50 \text{ m} \\ \text{Zh} &= +07 \text{ h } 00 \text{ m} \\ \text{HmGr ap} &= 18 \text{ h } 50 \text{ m} \\ \text{Ai} \odot &= 44^\circ 37',0 \\ \text{Ei} &= +0',9 \\ \text{Ao} \odot &= 44^\circ 37',9 \\ \text{Dip} &= -3',8 \\ \text{Aap} \odot &= 44^\circ 34',1 \\ \text{CT} &= +15',0 \\ \text{Avcm} &= 44^\circ 49',1 \\ \alpha P^2 &= +4',8 \\ \text{Avm} &= 44^\circ 53',9 \\ \text{Dzv} &= 45^\circ 06',1 \text{ S.} \\ \text{D} \odot &= 17^\circ 55',8 \text{ N.} \\ \text{Lo} &= 27^\circ 10',3 \text{ S.} \end{aligned}$$

Para estrellas y planetas la corrección  $\alpha P^2$  se obtiene en la misma forma, con signo positivo si es por paso superior y negativo si es por paso inferior.

### III.- LATITUD POR LA ESTRELLA POLAR.

Sabemos que la estrella Polar es una estrella de segunda magnitud, cuya posición en la esfera celeste es muy cercana al Polo Norte. Si su posición coincidiera con la del Polo celeste el problema de determinar la Latitud sería muy simple puesto que, por definición sabemos, que la Latitud es la elevación del polo sobre el horizonte, vale decir que en cualquier momento que el navegante obtuviera su altura verdadera, ésta sería la Latitud del observador.

Lamentablemente la Declinación del astro no es  $90^\circ$  Norte, que sería la condición esencial para que el astro coincidiera con el Polo celeste, pero actualmente está cercana a  $89^\circ$ , así es que su distancia polar ( $\Delta$ ) es alrededor de  $1^\circ$  (60 millas) y debido a la rotación terrestre, se le ve girando en un pequeño círculo cuyo centro es el Polo y el radio su distancia polar.

En la figura 12.35-a, sea "A" la estrella Polar que describe el círculo DA alrededor del Polo P, en el sentido de la flecha. BAC es el Almicantrat que pasa por A, y PAP' su círculo horario. De la figura tendremos que  $PH = BH - BP$  reemplazando por sus valores tendremos  $L = AV - BP$ .

Como la distancia Polar PA ( $\Delta$ ) es pequeña, el triángulo BAP se puede considerar plano y recto en B y entonces:

$$\cos BPA = \frac{BP}{PA}$$

entonces

$$BP = PA \cos BPA$$

pero

$$PA = \Delta \text{ (distancia polar)} \\ \text{y } BPA = P \text{ (ángulo al Polo)}$$

luego

$$BP = \Delta \cos P$$

entonces

$$L = AV - \Delta \cos P$$

Si tenemos ahora un P mayor de  $6$  horas ( $90^\circ$ ) el astro estará tal como A' en la figura 12.35-a, y el triángulo que se nos forma será PAE, rectángulo en E.

Luego

$$PH = EH + PE$$

$$L = AV + PE$$

pero

$$\cos P = \frac{PE}{PA} = \frac{PE}{\Delta}$$

entonces

$$PE = \Delta \cos P$$

De donde

$$L = AV + \Delta \cos P$$

Todo lo cual nos dice que:

Latitud por la Polar =  $Av \pm \Delta \cos P$ .

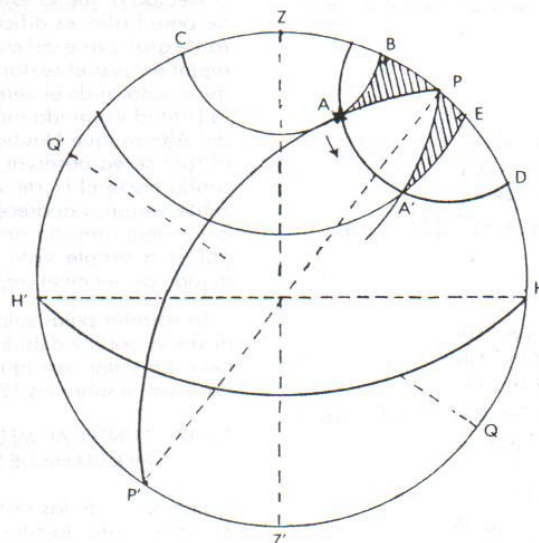


Figura 12.35-a



Si  $P$  es un ángulo menor de 6 horas ( $90^\circ$ ) la corrección que debe hacerse a la  $Av$  de la polar es "NEGATIVA".

Si el ángulo al Polo  $P$  es mayor de 6 horas, la corrección que debe hacerse a la  $Av$  de la polar es "POSITIVA".

En la práctica no hay necesidad de calcular " $\Delta \cos P$ ", pues al Almanaque Náutico trae tres Tablas:  $A0$ ,  $A1$  y  $A2$  que la dan en forma fácil y expedita. Cada Tabla es una corrección parcial, donde la suma de ellas es la corrección  $\Delta \cos P$ . En todas el argumento de entrada es el ángulo horario del punto Vernal ( $AH^\circ$ ). La segunda Tabla  $A1$ , depende también de la Latitud y la tercera,  $A2$  de la fecha. Como las correcciones que da el Almanaque Náutico para  $A0$ ,  $A1$  y  $A2$  son siempre positivas, para obtener la Latitud se le resta un grado a la  $Av$  y se le agregan las correcciones  $A0$ ,  $A1$  y  $A2$ . Luego tenemos:

$$\text{Latitud} = Av - 1^\circ + A0 + A1 + A2$$

Una cuarta tabla, al final de las nombradas, da el azimut de la estrella Polar.

#### EJEMPLO:

El 30 de Julio de 1978, navegando de Nueva York a Quebec en  $L = 49^\circ 50' N$ .  $G = 63^\circ 01' W$ . se observó la Polar  $Hcp = 08h 50m 10s$   $cp = 03h 43m 14s$   $Ea = 00h 14m 11s$   $H_z = 20h 48m$   $Z = +4$  horas.  $Ai = 49^\circ 15',8$   $Ei = +1',2$   $Eojo = 28$  pies.

$$\begin{aligned} H_z &= 20h 48m & (30 \text{ JUL.}) \\ Z_h &= 04h 00m \\ HmGr \text{ ap} &= 24h 48m \\ HmGr \text{ ap} &= 00h 48m & (31 \text{ JUL.}) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Hcp &= 08h 50m 10s \\ cp &= 03h 43m 14s \\ Ea &= 00h 14m 11s \\ HmGr &= 00h 47m 35s & (31 \text{ JUL.}) \\ AHGr^\circ &= 308^\circ 15',7 \\ Co &= 11^\circ 55',7 \\ AHGr^\circ Co &= 320^\circ 11',4 \\ G &= 63^\circ 01',0 W. \\ AHL^\circ &= 257^\circ 10',4 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Ai^* &= 49^\circ 15',8 \\ Ei &= +1',2 \\ Ao^* &= 49^\circ 17',0 \\ Dip &= -5',1 \\ Aap^* &= 49^\circ 11',9 \\ CT &= -0',8 \\ Av^* &= 49^\circ 11',1 \\ 1^\circ &= -01^\circ 00',0 \\ Av \text{ Co} &= 48^\circ 11',1 \\ A0 &= 01^\circ 34',7 \\ A1 &= 0',6 \\ A2 &= 0',9 \\ Lo &= 49^\circ 47',3 N. \end{aligned}$$

Fácilmente se comprende que la diferencia en Latitud entre la observada o calculada de la observación de la Polar con la Latitud estimada, es el "Intercepto". Cuando éste es relativamente grande, debemos considerar el azimut en el trazado de la recta (Latitud observada).

De la parte inferior de las Tablas anteriormente indicadas del Almanaque Náutico, se obtiene el "AZIMUT" en función del  $AH^\circ$  y de la Latitud.

Generalmente el azimut se emplea para determinar el desvío del compás o error del girocompás.

#### 12.36 MODO DE OBSERVAR LA ESTRELLA POLAR.

Debido a que la estrella polar es una estrella de poco brillo, es difícil verla a simple vista durante gran parte del crepúsculo. En la práctica, lo mejor es usar el sextante con el anteojo astronómico, colocando el vernier en una altura igual a la Latitud estimada más la corrección " $\Delta \cos P$ " del Almanaque Náutico para un  $AH^\circ$  próximo al que se va observar. Con este sistema y buscando hacia el Norte verdadero y junto al horizonte veremos aparecer la estrella en el campo del anteojo mucho antes que la que se puede ubicar a simple vista, o después que se haya dejado de ver en el crepúsculo matutino.

La estrella polar sólo es observable en el Hemisferio Norte y debido que la altura verdadera tiene un valor casi igual a la Latitud, esta será observable sobre los  $12^\circ$  de Latitud Norte.

#### 12.37 PUNTO AL MEDIODIA POR RECTA AM Y MERIDIANA DE SOL

El empleo de las rectas de posición hace posible determinar la situación de la nave en cualquier momento. Esto ha hecho perder importan-

cia a las alturas meridianas. Pero, aún así, la observación de la meridiana del Sol, continúa siendo uno de los principales cálculos del navegante en el mar.

La observación de la meridiana de Sol se combina con la observación de una recta tomada con anterioridad y la intersección de ambas rectas, previa consideración del intervalo navegado, nos dará la situación en el momento de la meridiana y es lo que se conoce con el nombre de "Punto a Mediodía".

Ya vimos la importancia que tiene calcular con anterioridad la hora exacta de la meridiana, a fin de obtener una buena situación.

El procedimiento general para obtener un punto al mediodía por meridiana de Sol, cuando la estima es llevada en la carta de navegación es el siguiente:

a) Observe recta AM de Sol, con un Azimut mayor de  $30^\circ$ , si es posible con el astro en el vertical primario o próximo a él, con el objeto que la recta corrija el máximo en longitud.

b) Haga la estima en la carta hasta el momento de la observación y obtiene el Punto Estimado.

c) Con los datos del Pe (Lat. y Long.) y los de la observación calcule su recta (I y AZv).

d) Haga el cálculo de la hora exacta que tendrá el astro en el meridiano.

e) Con el dato anterior observe la altura meridiana del Sol y haga en la carta la estima hasta

ese instante, obteniendo la Latitud y Longitud estimada hasta la meridiana (Lem y Gem).

f) Con la altura meridiana calcule la Latitud observada (Lo).

g) Por el punto estimado a mediodía trace la recta AM transportada. (Quedará a  $90^\circ$  de su AZv).

h) Trace en la carta la Latitud observada (Lo) y donde se corta ésta con la recta transportada, estará la situación de la nave.

La situación anteriormente explicada puede obtenerse también empleando la Tabla 3 de la estima, el método es el siguiente:

a) Se hace la estima hasta el momento de la observación de la recta del Sol, empleando las Tablas de estima (Tabla 3).

b) Se calcula la recta (I y AZv).

c) Calcule por la Tabla 3 el punto estimado en el momento de la meridiana.

d) Se calcula la Latitud observada con la altura meridiana del Sol.

e) Se hace un gráfico a mano alzada, trazando dos rectas paralelas horizontales que representarán la Latitud estimada y la observada en el momento de la meridiana y una recta perpendicular a las anteriores que representará al meridiano estimado (Ge) en ese momento.

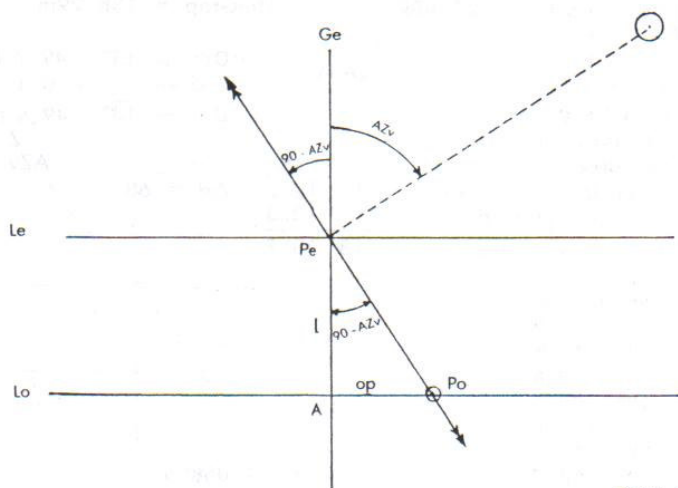


Figura 12.37



El cruce del meridiano estimado con la latitud estimada será el punto estimado (Pe) en ese instante. Por este punto se traza la recta AM transportada, que será una recta trazada a  $90^\circ$  de su azimut. La intersección de esta recta con la latitud observada dará el Punto Observado (PO). En la figura 12.37, vemos que se nos ha formado un triángulo y que resolvemos por el cálculo, utilizando la Tabla 3 de estima.

En el triángulo A - Pe - Po tenemos:

A<sub>Pe</sub> = l (diferencia de latitud)  
 A<sub>Po</sub> = ap (apartamiento)  
 ángulo A<sub>PePo</sub> =  $90 - \text{Azv}$  (complemento del azimut de la Recta AM)

Estos elementos nos permiten resolver las fórmulas de la estima usando la Tabla 3, ya que en este caso conociendo "l" y " $90 - \text{Azv}$ " se determina "ap", el que en combinación con la Lo convertimos en "g", diferencia de longitud por la misma Tabla. El signo de "g" se determina del gráfico a mano alzada que muestra esta figura 12.37; aplicando esta diferencia de longitud a la estimada, nos dará la observada (Go).

Siempre que se obtiene una situación, el navegante puede compararla con la anterior y con ello puede determinar:

1º) Rumbo y distancia navegada entre ambas.

Hcp = 09h 16m 41,0s  
 cp = 04h 00m 19,0s  
 Ea = 00h 11m 23,5s  
 HmGr = 13h 28m 23,5s (27 ABR)  
 AHGr $\odot$  =  $15^\circ 35',6$   
 Co =  $07^\circ 05',9$   
 AHGr $\odot$  =  $22^\circ 41',5$   
 Ga =  $78^\circ 41',5$  W.  
 AHL $\odot$  = 304 00  
 P = 56 00 E  
 P = 56° 00',0 AT =  $19^\circ 12',0$   
 La =  $33^\circ 00',0$  S. Co $\Delta$ d =  $-13',3$   
 D $\odot$  =  $13^\circ 49',6$  N. AC =  $18^\circ 58',7$   
 Ai $\odot$  =  $18^\circ 10',2$   
 Ei = +  $1',6$   
 Ao $\odot$  =  $18^\circ 11',8$   
 Dip = -  $3',8$   
 Aap $\odot$  =  $18^\circ 08',0$   
 CT = +  $13',1$   
 Av $\odot$  =  $18^\circ 21',1$   
 Ac =  $18^\circ 58',7$   
 l = -  $37',6$

2º) Rumbo y corriente que lo afectó.

3º) Rumbo y distancia para poder recalar.

4º) Valor del coeficiente de la corredera.

5º) Valor del resbalamiento del buque.

Todos estos elementos, generalmente, se determinan en cada punto al mediodía. En situaciones con intervalos de tiempo más corto, se determinan aquellos que son de inmediata necesidad de conocer; como puede ser el coeficiente de la corredera, rumbo y corriente que lo está afectando o cualesquiera de los otros.

#### EJEMPLO EMPLEANDO LA TABLA 3.

El B.E. "Esmeralda" el 27 de abril de 1978, que navegaba de Valparaíso a I. Juan Fernández observó recta AM de Sol en L =  $33^\circ 30' S$ ; G =  $78^\circ 40' W$  a la Hz = 08.30 Zona +5, Rv =  $261^\circ$ ; corredera =  $95',5$ ; Hcp = 09h 16m 41s; cp = 04h 00m 19s; Ea = 00h 11m 23,5s; Ai $\odot$  =  $18^\circ 10',2$ ; Ei = +  $1',6$ ; Eojo = 15 pies.

A la meridiana con corredera =  $134',5$  observó el Sol espalda al sur y obtuvo Aim $\odot$  =  $42^\circ 00',7$  Ei y Eojo.

CALCULO l y AZV (TABLA 214) =  $95',5$ .

Hzi = 08h 29m  
 Zh = 05h 00m  
 HmGrap = 13h 29m  
 D $\odot$  =  $13^\circ 49',2$  N d = +0,8  
 Cod = +  $0',4$   
 D $\odot$  =  $13^\circ 49',6$  N  
 Z = S  $121^\circ,4$  E.  
 AZv =  $058',4$   
 $\Delta d = 68$

AZV =  $058',6$

## Cálculo Hora Meridiana.

Se efectúa de acuerdo con cualquiera de los métodos explicados en el párrafo N° 12.28 (A - B y C) y da: Hzl meridiana = 12h 18m.

| (Azv-l) | Rv     | D     | N | S            | E | W              |
|---------|--------|-------|---|--------------|---|----------------|
|         | 238°,6 | 37',7 | — | 19',7        | — | 32',1          |
|         | 261°   | 39    | — | 6',1         | — | 38',5          |
|         |        |       |   | 1 = 25',8 S. |   | 70',6 W. = ap. |

|                   |                   |                    |
|-------------------|-------------------|--------------------|
| La = 33° 00',0 S. | La = 33° 00',0 S. | Ga = 78° 41',5 W.  |
| l = 25',8 S.      | Lem = 33° 25',8   | g = 01° 24',3 W.   |
| Lem = 33° 25',8 S | = 66° 25',8 S.    | Gem = 80° 05',8 W. |
|                   | Lm = 33°,2 S.     | G = 84',3 W.       |
|                   | ap = 70',6 W.     |                    |

## CALCULO DE LA MERIDIANA.

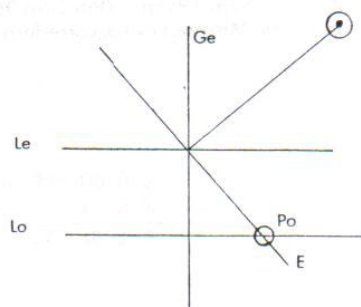
|                            |
|----------------------------|
| Hvl = 12h 00m 00s          |
| Gem = 05h 20m 24s W.       |
| HvGr = 17h 20m 24s         |
| ET = -02m 24s              |
| HmGr = 17h 18m 00s         |
| D⊙ = 13° 52',4 N. d = +0,8 |
| co d = + 0',3              |
| D⊙co = 13° 52',7 N.        |

|                              |
|------------------------------|
| A <sub>1</sub> ⊙ = 42° 00',7 |
| Ei = + 1',6                  |
| Ao⊙ = 42° 02',3              |
| Dip = - 3',8                 |
| Aap⊙ = 41° 58',5             |
| CT = +14',9                  |
| Av⊙ = 42° 13',4              |
| Dz = 47° 46',6 S.            |
| D⊙co = 13° 52',7 N.          |
| Lo = 33° 53',9 S.            |
| Lem = 33° 25',8 S.           |

|                |            |              |
|----------------|------------|--------------|
| l = 28',1      | ap = 17',2 | g = 20',8 E. |
| 90-Azv = 31°,5 | Lo = 33°,9 |              |

|                     |
|---------------------|
| Gecm = 80° 05',8 W. |
| g = 20',8 E.        |
| Go = 79° 45',0 W.   |

$$Lo = 33° 53',9 S.$$





El Punto observado (Po) determinado pasa a ser Punto de salida (Ps) para la nueva singladura que se indica. Así es como, con estos puntos situados en la carta, puede sacar directamente el rumbo verdadero y la distancia real recorrida por el buque.

En la misma forma, puede obtenerse el rumbo y distancia para ir a un punto de llegada, como asimismo se puede determinar el Rbo. y velocidad de la corriente que lo afectó.

Aparte del método de la carta que es el más común y sencillo, podemos obtener los datos anteriores valiéndose de la Tabla 3, conforme lo vimos al tratar la loxodrómica.

Así para determinar el Rv y D navegado tenemos:

|      |      |
|------|------|
| Ls = | Gs = |
| Lo = | Go = |
| I =  | g =  |
| Lm = |      |
| ap = | Rv = |
| I =  | D =  |

Para calcular el Rv y D a navegar tenemos:

|       |       |
|-------|-------|
| Lo =  | Go =  |
| LII = | GII = |
| I =   | g =   |
| ap =  | Rv =  |
| I =   | D =   |

Pero cuando en el cálculo del Punto a mediodía se pide "la corriente", es necesario llegar con el "punto estimado puro" a mediodía, o sea sin corregirle el intercepto con el objeto de poderlo comparar con el Po en ese mismo instante y deducir la corriente.

La dirección de la corriente es determinada desde el Punto Estimado hacia el Punto observado.

## 12.38 PUNTO POR CIRCUNMERIDIANA DE SOL.

El método para calcular la situación por circunmeridiana del Sol, es similar al del punto al mediodía. Es decir, se observa una recta en la mañana, se efectúa la estima hasta el momento de la circunmeridiana y se combina la recta AM con la Latitud obtenida por el cálculo de la altura circunmeridiana; y se obtiene la situación del buque "en el momento de observar la circunmeridiana". Si se quiere deducir las coordenadas del "Punto al mediodía", bastará hacer navegar el Po el valor del "ángulo al Polo" en el mismo sentido del rumbo si el "P" es ESTE o en sentido contrario si es WESTE. La razón de esto es porque con "P" Este, la meridiana no se ha producido, luego falta todavía navegar lo que queda de P. En cambio con P Weste, la meridiana se produjo y entonces habrá que deshacer lo navegado.

### EJEMPLO EMPLEANDO TABLA 3 Y H.O. 214.

El B.E. "ESMERALDA", el 11 de Mayo de 1978, navegando de I. Juan Fernández a Isla de Pascua observó recta de Sol AM en  $L = 26^{\circ} 57' S$ .  $G = 105^{\circ} 57' W$ . a la Hzl = 09.05 Zh = +7; Rv = 290° Corredera = 66'; Hcp = 09h 11m 35s; cp = 06h 24m 36s; Ea = 00h 28m 50,5s; Ai☉ = 28° 01',5; Ei = +1',2; Eo = 15 pies.

A las Hzl = 11.50 Zh = +7 observó circunmeridiana de Sol espalda al Sur Ai☉ = 44° 36',7 Hcp = 11h 57m 18s cp = 06h 24m 36s Ea = 00h 28m 50,5s. Mismos Ei y Eo; corredera = 82'.

## CALCULO I y AZV (Tabla H.O. 214). Corr. = 66'

|          |                        |          |           |            |                       |
|----------|------------------------|----------|-----------|------------|-----------------------|
| Hcp =    | 09h 11m 35,0s          |          |           |            |                       |
| cp =     | 06h 24m 36,0s          |          |           | Hzi =      | 09h 05m               |
| Ea =     | 00h 28m 50,5s          |          |           | Zh =       | +07h 00m              |
| HmGr =   | 16h 05m 01,5s (11 MAY) |          |           | Hm Gr ap = | 16h 05m               |
| AHG⊙ =   | 60° 55',4              |          |           |            |                       |
| Co =     | 01° 15',4              |          |           | D⊙ =       | 17° 54',0 N. d = +0,6 |
| AHG⊙Co = | 62° 10',8              |          |           | Cod =      | 0',0                  |
| Ga =     | 106° 10',8 W.          |          |           | D⊙co =     | 17° 54',0 N.          |
| P =      | 44° 00',0 E.           | At =     | 28° 20',6 | Δd =       | -71                   |
| D⊙co =   | 17° 54',0 N.           | co. dΔ = | -17',0    |            | Z = S 131°,2 E        |
| La =     | 27° 00',0 S.           | Ac =     | 28° 03',6 |            | Azv = 048°,2          |

|        |           |       |        |
|--------|-----------|-------|--------|
| Ai⊙ =  | 28° 01',5 |       |        |
| Ei =   | + 1',2    |       |        |
| Ao⊙ =  | 28 02',7  |       |        |
| Dip =  | - 3',8    |       |        |
| Aap⊙ = | 27° 58',9 |       |        |
| CT =   | +14',2    |       |        |
| Av =   | 28° 13',1 |       |        |
| Ac =   | 28° 03',6 |       |        |
| I =    | + 9',5    | Azv = | 048°,5 |

## ESTIMA HASTA LA CIRCUNMERIDIANA. Corr. = 82'

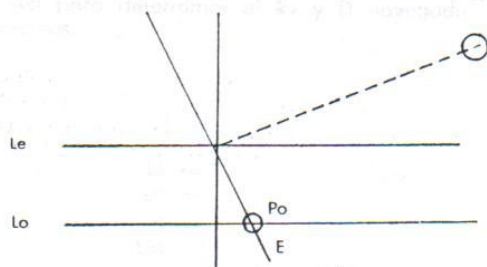
| Rv     | D   | N       | S | E   | W           |
|--------|-----|---------|---|-----|-------------|
| 048°,5 | 9,5 | 6,3     | — | 7,1 | —           |
| 290°   | 16  | 5,5,    | — | —   | 15,0        |
|        |     | 11,8 N. | — | 7,1 | 7,1 E.      |
|        |     |         |   |     | 7,9 W. = ap |

|        |              |        |              |        |               |
|--------|--------------|--------|--------------|--------|---------------|
| La =   | 27° 00',0 S. | La =   | 27° 00',0 S. | Ga =   | 106° 10',8 W. |
| I =    | 11',8 N.     | Lecm = | 27° 48',2 S. | g =    | 8',9 W.       |
| Lecm = | 26° 48',2 S. |        | 54° 48',2    | Gecm = | 106° 19',7 W. |
|        |              | Lm =   | 27°,4 S.     |        |               |
|        |              | ap =   | 7',9 W.      | g =    | 8',9 W.       |



## CALCULO DE LA CIRCUNMERIDIANA.

$$\begin{aligned}
 H_{cp} &= 11h \ 57m \ 18,0s \\
 cp &= 06h \ 24m \ 36,0s \\
 Ea &= 00h \ 28m \ 50,5s \\
 HmGr &= 18h \ 50m \ 44,5s \ (11 \ MAY) \\
 AHG \odot &= 90^\circ \ 55',4 \\
 Co &= 12^\circ \ 41',2 \\
 AHG \odot Co &= 103^\circ \ 36',6 \\
 Gecm &= 106^\circ \ 19',7 \ W. \\
 P &= 02^\circ \ 43',1 \ E. \\
 H_{zl} &= 11h \ 50m \\
 Z &= +07h \ 00m \\
 HmGr_{ap} &= 18h \ 50m \\
 D \odot &= 17^\circ \ 55',3 \ N. \ d = +0,6 \\
 Cod &= +0',5 \\
 D \odot co &= 17^\circ \ 55',8 \ N. \\
 D \odot co &= 17^\circ \ 55',8 \ N. \\
 Lecm &= 26^\circ \ 48',2 \ S. \quad | \ \alpha = 2,4 \quad | \ \alpha p^2 = 4',8
 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned}
 Po &= \left| \begin{aligned} Gecm &= 106^\circ \ 19',7 \ W. \\ g &= 22',1 \ E. \\ Go &= 105^\circ \ 57',6 \ W. \\ Lo &= 27^\circ \ 10',3 \ S. \end{aligned} \right.
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 Ai \odot &= 44^\circ \ 36',7 \\
 Ei &= +1',2 \\
 Ao \odot &= 44^\circ \ 37',9 \\
 Dip &= -3',8 \\
 Aap \odot &= 44^\circ \ 34',1 \\
 CT &= +15',0 \\
 Avc &= 44^\circ \ 49',1 \\
 \alpha p^2 &= +4',8 \\
 Avm &= 44^\circ \ 53',9 \\
 Dz &= 45^\circ \ 06',1 \ S. \\
 D \odot co &= 17^\circ \ 55',8 \ N. \\
 Lo &= 27^\circ \ 10',3 \ S. \\
 Lecm &= 26^\circ \ 48',2 \ S. \\
 l &= 22',1 \\
 90-Azv &= 041^\circ,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 ap &= 19',6 \\
 Lo &= 27',2
 \end{aligned}$$

$$g = 22',1 \ E.$$

Tal como se dijo anteriormente, si se desea deducir las coordenadas correspondientes al Punto al mediodía, habría que hacer la estima desde la circunmeridiana al momento de la meridiana.

## 12.39 LA CIRCUNMERIDIANA USADA COMO RECTA.

La observación de una circunmeridiana puede calcularse como recta; es decir, determinando el AZV e INTERCEPTO de ella. Combinando esta recta con la recta observada en la mañana obtendrá la situación por el método de dos rectas con intervalo navegado.

Esta combinación puede hacerse también entre una recta circunmeridiana con otra PM.

Es común emplear estos métodos, cuando la observación de la circunmeridiana, se obtiene después del lapso entre los cuales se puede observar la circunmeridiana.

## 12.40 CIRCUNSTANCIA FAVORABLE PARA OBSERVAR UNA RECTA.

Una situación, ofrece la mayor seguridad, cuando el corte de las rectas es a  $90^\circ$  o próximo a este valor. Luego el momento ideal para observar una recta será cuando el astro tenga un ángulo al Zenit =  $90^\circ$ ; es decir  $Azv = 090^\circ$  o  $270^\circ$ , pues como el  $Azv$  en la meridiana es  $0^\circ$ , las rectas se cortarán a un ángulo de  $90^\circ$ .

Sabemos también que el ángulo en el zenit es  $90^\circ$ , cuando el astro cruza el "vertical primario",

por el Este o Weste, pero parā que esto ocurra sobre el horizonte del observador, es necesario "que el astro tenga una Declinaci3n del mismo signo y menor que la Latitud".

Sabemos que al observar el astro en el Vertical primario, la recta, obtenida del cāculo de esta observaci3n, coincide con el meridiano, lo que determina una muy buena Longitud. Si esta recta se le combina con una recta meridiana, ambos se cortarā normalmente y si ha habido intervalo navegado entre ellas, la Longitud estimada en el momento de la observaci3n meridiana es a la vez la Longitud observada, lo que indica que la navegaci3n por estima entre ambas observaciones debe ser llevada con toda meticulosidad y exactitud, pues cualquier error, por insignificante que sea, afecta integralmente a la longitud.

Es siempre interesante poder determinar, en cualquier momento la hora y altura en que un astro cruza el vertical primario. Para ello nos podemos valer de las Tablas H.O. 71, 120, 214 y 229, incluso deducirlo aproximadamente por medio del identificador 2102-D.

#### 12.41 CALCULO DE LA HORA DEL CRUCE DE UN ASTRO POR EL VERTICAL PRIMARIO POR TABLAS N<sup>os</sup>. H.O. 71 o 120.

Esta Tablas dan una informaci3n bastante aproximada de la hora que un astro cruza el vertical primario. Debe tenerse presente al trabajar con ellas que la Tabla H.O. 71 s3lo sirve para los astros con declinaci3n hasta 23°, siendo necesario el uso de la Tabla 120 para los astros con declinaciones mayores.

Para obtener la Hora se entra a la Tabla con la Latitud y Declinaci3n para el dā deseado y donde encuentre el āngulo al zenit 90° se verā a quē āngulo al Polo corresponde. El "P" obtenido (E. u W.) y convertido en AHL se combina con la Longitud, deduciendo el AHGr del astro, con cuyo dato se determina la HmGr valiéndose, como ya se ha visto, del Almanaque Nāutico.

##### EJEMPLO:

El 21 de Agosto de 1978, navegando de Quebec a Curacao, en L. = 28° 05' N. G. = 51° 06' W. desea saber la hora que el Sol estarā en el vertical primario en la mañāna. Zona = +3 D $\odot$  = 12° 0 N.

$$\text{AHG}\odot = \text{AHL}\odot \begin{array}{l} +\text{Gw} \\ -\text{GE} \end{array}$$

Cuando un astro estā en el meridiano el:

$$\begin{array}{l} \text{AHL}\odot = 360 - \text{PE} \\ \text{AHL}\odot = \text{Pw} \end{array}$$

Tabla H.O. 71.

|              |                            |
|--------------|----------------------------|
| L = 28,1° N. | P = 04h 25,0m E.           |
| D = 12,0° N. | P = 66° 15',0 E.           |
| Z = 90°      | AHL $\odot$ = 293° 45',0   |
|              | G = 51° 06',0 W.           |
|              | AHG $\odot$ = 344° 51',0   |
| AN-21 AGO    | AHG $\odot$ = 344° 12',3   |
|              | Dif = 00° 38',7            |
|              | para HmGr = 11h 00m 00s    |
|              | en tiempo = 02m 35s        |
|              | HmGr = 11h 02m 35s         |
|              | Zh = 03h 00m 00s           |
|              | Hzi cruce VP = 08h 02m 35s |



## 12.42 CALCULO DEL CRUCE DE UN ASTRO POR EL VERTICAL PRIMARIO POR TABLA H.O. 214.

El procedimiento es análogo al explicado para las Tablas H.O. 71 y H.O. 120, con la ventaja que en la Tabla H.O. 214 obtiene además la Av en el momento del cruce del astro con el vertical pri-

$$\begin{array}{l} L = 28,1 \text{ N.} \\ D = 12,0 \text{ N.} \\ Z = 90^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{l} P = 66^\circ 15' \text{ E.} \\ \text{AHL} \odot = 293^\circ 45' \\ G = 51^\circ 06' \text{ W.} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{AHG} \odot = 344^\circ 51',0 \\ \text{AN-21 Ago AHG} \odot = 344^\circ 12',3 \end{array}$$

$$\text{Dif} = 00^\circ 38',7$$

$$\text{Av} = 26^\circ 27'$$

$$\text{para HmGr} = 11\text{h } 00\text{m } 00\text{s}$$

$$\text{en tiempo} = 02\text{m } 35\text{s}$$

$$\text{HmGr} = 11\text{h } 02\text{m } 35\text{s}$$

$$\text{Zh} = 03\text{h } 00\text{m } 00\text{s}$$

$$\text{Hzi cruce VP} = 08\text{h } 02\text{m } 35\text{s}$$

## CASO CON UNA ESTRELLA. Por Tabla H.O. 214.

El 24 de Abril de 1978 en  $L = 33^\circ 02',0 \text{ S.}$   $G = 71^\circ 40' \text{ W.}$ , se desea saber la hora y altura en que Sirius cruzará el VP Oeste Zona +5.

$$\begin{array}{l} L = 33^\circ \text{ S.} \\ D = 16^\circ 41',5 \text{ S.} \\ Z = 90^\circ \end{array}$$

$$\begin{array}{l} P = 62^\circ 40',0 \text{ W.} \\ \text{AHL}^* = 62^\circ 40',0 \\ G = 71^\circ 40',0 \end{array}$$

$$\text{Av} = 31^\circ 48',8$$

$$\begin{array}{l} \text{AHG}^* = 134^\circ 20',0 \\ +360 = 360^\circ 00',0 \quad (\text{para restar}) \end{array}$$

$$\text{AHG}^* = 494^\circ 20',0$$

$$\text{AHS}^* = 258^\circ 57',3$$

$$\text{AHG}^* = 235^\circ 22',7$$

$$\text{AHG}^* = 227^\circ 41',8$$

AN-25 ABR

$$\text{Dif} = 07^\circ 40',9$$

$$\text{para HmGr} = 01\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \quad (25 \text{ ABR})$$

$$\text{en tiempo} = 00\text{h } 30\text{m } 38\text{s}$$

$$\text{HmGr} = 01\text{h } 30\text{m } 38\text{s}$$

$$\text{Zh} = 05\text{h } 00\text{m } 00\text{s}$$

$$\text{Hzi cruce VP} = 20\text{h } 30\text{m } 38\text{s} \quad (24 \text{ ABR})$$

$$\text{Con Av} = 31^\circ 48',8$$

En caso que sea posible observar la altura de un astro en el momento preciso que su azimut es  $090^\circ$  o  $270^\circ$ , se podrá obtener la situación de la nave resolviendo el triángulo esférico que se forma por medio de las fórmulas:

$$\text{sen } P = \frac{\cos \text{Av}}{\cos D}$$

con la que se calcula la Longitud, y

$$\text{sen } L = \frac{\text{sen } D}{\text{sen Av}}$$

con la que se obtiene la Latitud.

Lo mismo puede hacerse cuando la declinación del astro es 0.

La resolución del problema planteado podrá hacerse más rápidamente empleando las Tablas H.O. 214 y H.O. 229.

A pesar de que este sistema no es del todo práctico dadas las condiciones especiales para efectuarlo, tiene la ventaja de que es independiente de la estima y que en un corto tiempo se puede obtener simultáneamente la latitud y longitud del buque. Para una latitud media de  $30^{\circ}$  S se puede realizar esta observación por el Sol desde mediados de octubre hasta mediados de febrero.

#### 12.43 SITUACION POR CIRCUNZENITALES.

Cuando se trató los círculos de posición; se explicó que haciendo centro en la "Posición Geográfica" (PG) con un radio esférico igual a la distancia zenital verdadera (Dzv), se obtenía un círculo en el cual estaba el observador. Estos círculos mantenían sus formas en las cartas Mercator, siempre que su radio fuera pequeño, nunca mayor a 90 millas, pues a radios mayores su forma se desfiguraba en elipses, parábolas o sinusoides lo que dependía de la posición que ocupaban con respecto a los polos de la Tierra. Lo dicho nos indica que para obtener un círculo de posición que nos asegure exactitud, debemos tener alturas de  $88^{\circ} 30'$  como mínimo para que la Dzv quede bajo las 90 millas.

Para conseguir el requisito enunciado, se necesita que la latitud sea igual o muy cercana a la

1ª Observ. Hcr = 08 46 29

2ª Observ. Hcr = 08 51 25

3ª Observ. Hcr = 08 57 13

Ei =  $+1^{\circ}0'$ ; Eojo = 25 pies; Ea = 00h 07m 38s.

Se pide el punto observado.

#### CALCULO DEL 1er. P.G.

Hcr = 08h 46m 29s  
Ea = 00h 07m 38s  
HmGr = 20h 54m 07s (8 MAY)  
AHG $\odot$  =  $120^{\circ} 53',7$   
Co =  $13^{\circ} 31',8$   
AHG $\odot$ Co =  $134^{\circ} 25',5$   
G(PG) =  $134^{\circ} 25',5$  W.

#### CALCULO DEL 2ª PG.

Hcr = 08h 51m 25s  
Ea = 00h 07m 38s  
HmGr = 20h 59m 03s  
AHG $\odot$  =  $120^{\circ} 53',7$   
Co =  $14^{\circ} 45',8$   
AHG $\odot$  =  $135^{\circ} 39',5$   
G(PG) =  $135^{\circ} 39',5$  W.

declinación y del mismo signo. En estas circunstancias el astro culminará casi en el zenit del observador y la Dzv entonces será pequeña.

Si determinamos tres o más círculos de posición, la intersección de ellos nos dará la situación de la nave. Este método de situación es llamado "circunzenitales".

En caso que se tomen dos observaciones sucesivas y a un mismo astro; o bien a dos astros distintos, se tendrán dos círculos de posición que dibujados en la carta Mercator darán la posición de la nave en uno de los puntos de intersección. Para determinar cual corresponde se tomará como situación aquella intersección que queda más próxima al punto estimado.

Como el buque está navegando, debe hacerse la estima entre las observaciones y transportar el círculo de posición, lo navegado entre ellas, lo que se efectúa transportando las Posiciones Geográficas (PG).

#### EJEMPLO CON EL SOL.

El 8 de mayo de 1978, se navega al Rv =  $298^{\circ}$  y a 28 nudos en Le =  $16^{\circ} 30' N$ . Ge =  $135^{\circ} 00' W$  a las Hzl = 12.00 horas, Zona +9 y se observó el Sol, limbo inferior.

Ai $\odot$  =  $88^{\circ} 26',8$

Ai $\odot$  =  $89^{\circ} 10',2$

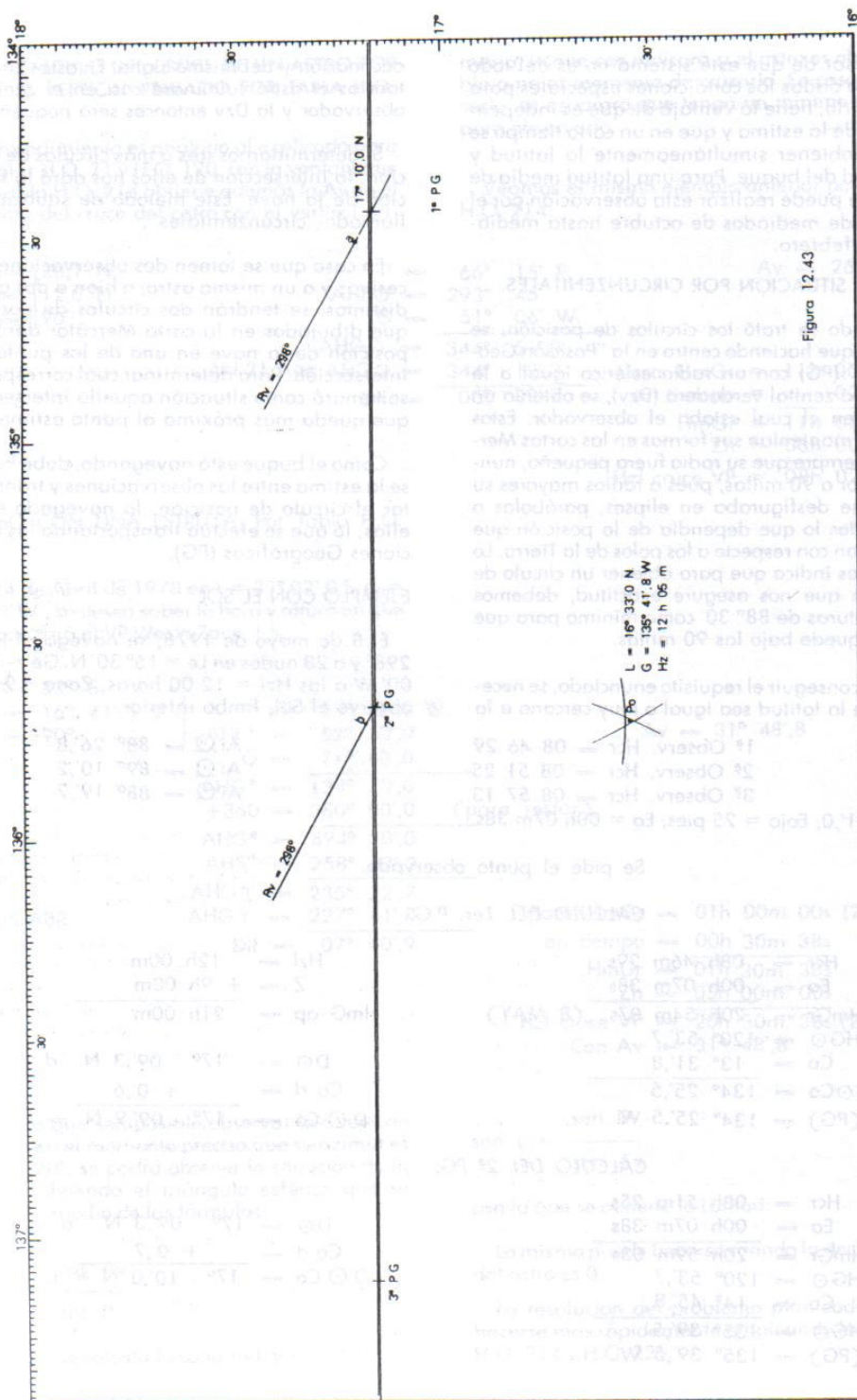
Ai $\odot$  =  $88^{\circ} 19',2$

Hzl = 12h 00m  
Z = + 9h 00m  
HmG ap = 21h 00m

D $\odot$  =  $17^{\circ} 09',3$  N. d = +0,7  
Co d = + 0,6  
D $\odot$ Co =  $17^{\circ} 09',9$  N. = L (PG)

D $\odot$  =  $17^{\circ} 09',3$  N. d = +0,7  
Co d = + 0,7  
D $\odot$ Co =  $17^{\circ} 10',0$  N. = L (PG).





## CALCULO DE 3er. PG.

$$\begin{aligned}
 \text{Hcr} &= 08\text{h } 57\text{m } 13\text{s} \\
 \text{Ea} &= 00\text{h } 07\text{m } 38\text{s} \\
 \text{HmGr} &= 21\text{h } 04\text{m } 51\text{s} \\
 \text{AHG}\odot &= 135^\circ 53',7 \\
 \text{Co} &= 1^\circ 12',8 \\
 \text{AHG}\odot &= 137^\circ 06',5 \\
 \text{G(PG)} &= 137^\circ 06',5 \text{ W.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{HmGr} &= 21\text{h } 04\text{m } 51\text{s} \\
 \text{Zh} &= 09\text{h } 00\text{m } 00\text{s} \\
 \text{Hzi} &= 12\text{h } 04\text{m } 51\text{s} \\
 \text{D}\odot &= 17^\circ 09',9 \text{ N. } d = +0,7 \\
 \text{Cod} &= +0',1 \\
 \text{D}\odot\text{co} &= 17^\circ 10',0 \text{ N. } = \text{L (PG)}
 \end{aligned}$$

## POSICIONES GEOGRAFICAS.- (PG).

$$\begin{aligned}
 1^\circ \text{ OBS.} - \text{L.} &= 17^\circ 09',9 \text{ N.} \\
 2^\circ \text{ OBS.} - \text{L.} &= 17^\circ 10',0 \text{ N.} \\
 3^\circ \text{ OBS.} - \text{L.} &= 17^\circ 10',0 \text{ N.}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{G.} &= 134^\circ 25',5 \text{ W.} \\
 \text{G.} &= 135^\circ 39',5 \text{ W.} \\
 \text{G.} &= 137^\circ 06',5 \text{ W.}
 \end{aligned}$$

Navegando entre 1ª y 3ª en 10m 44s a 28 nudos = 5',0  
 Navegando entre 2ª y 3ª en 5m 48s a 28 nudos = 2',7

Hzi de la última observación 12h 04m 51s.

$$\begin{aligned}
 \text{Ai}\odot &= 88^\circ 26',8 \\
 \text{Ei} &= +1',0 \\
 \text{Ao}\odot &= 88^\circ 27',8 \\
 \text{Dip} &= -4',9 \\
 \text{Aap}\odot &= 88^\circ 22',9 \\
 \text{CT} &= +15',9 \\
 \text{Av}\odot &= 88^\circ 38',8 \\
 \text{Dzv} &= 01^\circ 21',2 \\
 &= 81',2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ai}\odot &= 89^\circ 10',2 \\
 \text{Ei} &= +1',0 \\
 \text{Ao}\odot &= 89^\circ 11',2 \\
 \text{Dip} &= -4',9 \\
 \text{Aap}\odot &= 89^\circ 06',3 \\
 \text{CT} &= +15',9 \\
 \text{Av}\odot &= 89^\circ 22',2 \\
 \text{Dzv} &= 37',8
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Ai}\odot &= 88^\circ 19',2 \\
 \text{Ei} &= +1',0 \\
 \text{Ao}\odot &= 88^\circ 20',2 \\
 \text{Dip} &= -4',9 \\
 \text{Aap}\odot &= 88^\circ 15',3 \\
 \text{CT} &= +15',9 \\
 \text{Av}\odot &= 88^\circ 31',2 \\
 \text{Dzv} &= 01^\circ 28',8 \\
 &= 88',8
 \end{aligned}$$

El trazado puede hacerse en la misma carta que es lo corriente, o bien en carta plotting o a escala en un papel cuadrículado o en la Rosa de maniobra.

En la figura 12.43 tenemos trazado el ejemplo recién hecho en una carta plotting cuyo procedimiento es el siguiente:

a) Se sitúan las posiciones geográficas determinadas para cada observación (1ª PG, 2ª PG. y 3ª PG).

b) Por la 1ª PG y 2ª PG se traza el rumbo que navega el buque.

c) Sobre el rumbo trazado desde la 1ª y 2ª PG se marca el intervalo navegado entre la 1ª y 3ª observación y entre la 2ª y 3ª observación respectivamente, y determinándose los puntos "a" y "b".

d) Desde el punto "a" con un radio correspondiente a la Dzv de la 1ª observación se traza el círculo de posición.

e) Desde el punto "b" con un radio correspondiente a la Dzv de la 2ª observación se traza el círculo de Posición correspondiente.

f) Con un radio igual a la Dzv de la 3ª observación, haciendo centro en "c" (3ª PG) se traza el círculo y donde se corten éstos, estará la situación de la nave y que corresponderá a la hora en que se observó la última altura, puesto que hemos transportado los círculos de posición para ese instante.

En la práctica no es necesario trazar el círculo de Posición completo, bastando sólo un arco de él.

## EJEMPLO CON UNA ESTRELLA.

El 10 de Mayo de 1978 navega a 24 nudos al  $R_v = 292^\circ$  en  $Le = 57^\circ 00',0 \text{ S.}$   $Ge = 124^\circ 45' \text{ W.}$  a las 05,23 horas Zona +8, observó Peacock en la siguiente forma:



$A_i = 88^\circ 48',7$   
 $A_i = 89^\circ 26',9$   
 $A_i = 88^\circ 29',9$   
 $E_i = + 1',5$   $E_o = 30$  pies

$H_{cp} = 08h 12m 26s$   
 $H_{cp} = 08h 20m 01s$   
 $H_{cp} = 08h 28m 58s$   
 $C_p = 03h 49m 21s$   $E_a = 01h 20m 49s$

Se pide el P.O.

#### CALCULO DE LA 1ª PG.

$H_{cp} = 08h 12m 26s$   
 $cp = 03h 49m 21s$   
 $E_a = 01h 20m 49s$   
 $HmGr = 13h 22m 36s$  (10 MAY.)  
 $AHG \cap = 62^\circ 58',4$   
 $Co = 5^\circ 39',9$   
 $AHG \cap co = 068^\circ 38',3$   
 $AHS^* = 54^\circ 00',8$   
 $AHG^* = 122^\circ 39',1 = GW (1^\circ PG)$   
 $H_zl = 05h 23m$   
 $Zh = 08h 00m$   
 $HmGr ap = 13h 23m$   
 $D^* = 56^\circ 48',0 S. = L (1^\circ PG)$

#### CALCULO DE LA 2ª PG

$H_{cp} = 08h 20m 01s$   
 $cp = 03h 49m 21s$   
 $E_a = 01h 20m 49s$   
 $HmGr = 13h 30m 11s$   
 $AHG \cap = 062^\circ 58',4$   
 $Co = 7^\circ 34',0$   
 $AHG \cap co = 070^\circ 32',4$   
 $AHS^* = 54^\circ 00',8$   
 $AHG^* = 124^\circ 33',2$   
 $G (2^\circ PG) = 124^\circ 33',2 W.$   $D^* = 56^\circ 48',0 S. = L (2^\circ PG)$

#### CALCULO 3ª PG.

$H_{cp} = 08h 28m 58s$   
 $cp = 03h 49m 21s$   
 $E_a = 01h 20m 49s$   
 $HmGr = 13h 39m 08s$   
 $AHG \cap = 062^\circ 58',4$   
 $Co = 9^\circ 48',6$   
 $AHG \cap co = 072^\circ 47',0$   
 $AHS^* = 54^\circ 00',8$   
 $AHG^* = 126^\circ 47',8$   
 $G (3^\circ PG) = 126^\circ 47',8 W.$   $D^* = 56^\circ 48',0 S. = L (3^\circ PG)$

#### POSICIONES GEOGRAFICAS.

$1^\circ OBS. L = 56^\circ 48',0 S.$   
 $2^\circ OBS. L = 56^\circ 48',0 S.$   
 $3^\circ OBS. L = 56^\circ 48',0 S.$   
 $G = 122^\circ 39',1 W.$   
 $G = 124^\circ 33',2 W.$   
 $G = 126^\circ 47',8 W.$

Navegando entre 1ª y 3ª en 16m 32s a 24 nudos = 6',6.  
 Navegado entre 2ª y 3ª en 8m 57s a 24 nudos = 3',6.

Hzi de la última obs. = 0539,1 hrs.

$Ai^* = 88^\circ 48',7$   
 $Ei = + 1',5$   
 $Ao^* = 88^\circ 50',2$   
 $Dip = - 5',3$   
 $Aap^* = 88^\circ 44',9$   
 $CT = 0',0$   
 $Av = 88^\circ 44',9$   
 $Dzv = 01^\circ 15',1$   
 $= 75',1$

$Ai^* = 89^\circ 26',9$   
 $Ei = + 1',5$   
 $Ao^* = 89^\circ 28',4$   
 $Dip = - 5',3$   
 $Aap^* = 89^\circ 23',1$   
 $CT = 0',0$   
 $Av = 89^\circ 23',1$   
 $Dzv = 36',9$

$Ai^* = 88^\circ 29',9$   
 $Ei = + 1',5$   
 $Ao^* = 88^\circ 31',4$   
 $Dip = - 5',3$   
 $Aap^* = 88^\circ 26',1$   
 $CT = 0',0$   
 $Av = 88^\circ 26',1$   
 $Dzv = 01^\circ 33',9$   
 $= 93',9$

Para determinar el Punto observado lo más práctico es trabajar en la carta o en la carta plotting como se hizo para el caso del Sol, situando (previamente) la posición Geográfica y trazando los círculos de posición transportados al instante de la última observación.

#### 12.44 DETERMINACION DE LA LONGITUD POR OBSERVACION A AMBOS LADOS DEL MERIDIANO.

Si un observador estacionario observa un astro, de declinación constante, anotando la hora exacta cuando tenga una cierta altura al Este del meridiano y vuelve a hacerlo cuando tiene la misma altura al Oeste del meridiano, la media de estas dos horas será la que corresponde cuando el astro cruzó el meridiano. Con la hora así obtenida puede obtenerse la HmGr del suceso.

Si el astro observado es el Sol, se puede determinar la "Longitud" en el momento de la meridiana, puesto que la meridiana se produce a las 12 horas verdaderas del lugar, la que se puede convertir en Hml mediante la Ecuación del Tiempo. Estableciendo la diferencia entre la HmGr y la Hml obtendremos la "Longitud".

Cuando el observador no está estacionario, habrá que considerar el rumbo, velocidad y la variación en declinación, corrección ésta, que habrá que aplicársela a la media de las horas de observación para tener la hora que corresponde al cruce del astro por el meridiano, puesto que, cuando el buque navega acercándose al Sol, la altura máxima se produce "después" de la meridiana y "antes" cuando se aleja del sol.

La corrección anteriormente citada está dada por la fórmula:  $H = 15,28 (\text{tg } L + \acute{o} - \text{tg } D) Y (I + \acute{o} - 2g : 900)$ .

$H$  = Corrección en segundos de tiempo (+ cuando el buque se aleja del sol y - cuando se acerca).

$\text{tg } L + \acute{o} - \text{tg } D$  es + cuando  $L$  y  $D$  son distinto signo; - del mismo signo.

$Y$  = Variación horaria de la declinación, combinado con la diferencia de Latitud ( $I$ ).

$g$  = diferencia de Longitud horaria.

$I + \acute{o} - 2g : 900$  es positiva cuando el buque se desplaza hacia el Oeste.

$I + \acute{o} - 2g : 900$  es negativo cuando el buque se desplaza hacia el Este.

Es conveniente tener presente las siguientes normas:

a) Que la altura del astro varíe en forma apreciable y no esté muy cerca del meridiano.

b) Que el ángulo al zenit no sea mayor de  $20^\circ$  E.

c) Que el ángulo al polo no sea mayor de  $10^\circ$  E. (40 minutos).

d) Que la altura verdadera menor no sea menor de  $65^\circ$ .

e) Usar el mismo sextante para las observaciones a objeto no exista variación en la altura por el error de índice. En caso que no sea posible, considerar el error, para observar a la misma altura.

f) Debe observarse a ambos lados del meridiano con la misma elevación del ojo ( $Eo$ ), ya que siendo las alturas iguales habrá que aceptar que los elementos "reflexión" y "depresión" son los mismos para las observaciones a uno y otro del meridiano.



Para facilitar el empleo de la fórmula, el producto  $+ \text{ó} - 15,28 \lg L$  y  $+ \text{ó} - 15,28 \lg D$  se tabula en la Tabla siguiente:

TABLA

| L ó D | L ó D | L ó D | L ó D |
|-------|-------|-------|-------|
| 0°    | 0.0   | 16°   | 4.4   |
| 1°    | 0.3   | 17°   | 4.7   |
| 2°    | 0.5   | 18°   | 5.0   |
| 3°    | 0.8   | 19°   | 5.3   |
| 4°    | 1.1   | 20°   | 5.6   |
| 5°    | 1.3   | 21°   | 5.9   |
| 6°    | 1.6   | 22°   | 6.2   |
| 7°    | 1.9   | 23°   | 6.5   |
| 8°    | 2.1   | 24°   | 6.8   |
| 9°    | 2.4   | 25°   | 7.1   |
| 10°   | 2.7   | 26°   | 7.4   |
| 11°   | 3.0   | 27°   | 7.8   |
| 12°   | 3.2   | 28°   | 8.1   |
| 13°   | 3.5   | 29°   | 8.5   |
| 14°   | 1.8   | 30°   | 8.8   |
| 15°   | 4.1   | ---   | ---   |
|       |       | 31°   | 9.2   |
|       |       | 32°   | 9.5   |
|       |       | 33°   | 9.9   |
|       |       | 34°   | 10.3  |
|       |       | 35°   | 10.7  |
|       |       | 36°   | 11.1  |
|       |       | 37°   | 11.5  |
|       |       | 38°   | 11.9  |
|       |       | 39°   | 12.4  |
|       |       | 40°   | 12.8  |
|       |       | 41°   | 13.3  |
|       |       | 42°   | 13.8  |
|       |       | 43°   | 14.3  |
|       |       | 44°   | 14.8  |
|       |       | 45°   | 15.3  |
|       |       | ---   | ---   |
|       |       | 46°   | 15.8  |
|       |       | 47°   | 16.4  |
|       |       | 48°   | 17.0  |
|       |       | 49°   | 17.6  |
|       |       | 50°   | 18.2  |
|       |       | 51°   | 18.9  |
|       |       | 52°   | 19.5  |
|       |       | 53°   | 20.3  |
|       |       | 54°   | 21.0  |
|       |       | 55°   | 21.8  |
|       |       | 56°   | 22.7  |
|       |       | 57°   | 23.5  |
|       |       | 58°   | 24.5  |
|       |       | 59°   | 25.4  |
|       |       | 60°   | 26.8  |

## EJEMPLO.

El 10 de Abril de 1978 a las 12.30 horas Zona =  $-5$  en  $Le = 10^\circ 06' N.$  y  $Ge = 68^\circ 30' E.$ , navegando al  $310^\circ$  verdadero y a 18 nudos se observó Sol limbo inferior por altura iguales a ambos lados del meridiano obteniendo al E. del meridiano  $Hcr = 05h 02m 35s$  y al W.  $Hcr = 05h 58m 39s$ ;  $Ea = 01h 56m 02s$ . Se pide la longitud.

$$Hcr = 05h 02m 35s$$

$$Hcr = 05h 58m 39s$$

$$= 11h 01m 14s$$

$$Hcrm = 05h 30m 37s$$

$$Ea = 01h 56m 02s$$

$$HmGr = 07h 26m 39s \quad 10 \text{ (ABR)}$$

$$D\odot = 07^\circ 50',4 \text{ N.} \quad d = +0,9$$

$$Co d = +0',4$$

$$D\odot co = 07^\circ 50',8 \text{ N.}$$

$$Rv = 310^\circ$$

$$V = 18'$$

$$l = 11',6 \text{ N.}$$

$$ap = 13',8 \text{ W.}$$

$$Lm = 10^\circ,1 \text{ N.}$$

$$Hzi = 12h 30m$$

$$Zh = -5h 00m$$

$$HmGr ap = 07h 30m$$

$$g = 14',0 \text{ N.}$$

Cambio en Lat. por Rumbo y Veloc. (l) = 11,6 N.  
 Cambio por Declinación (d) = 0,9 N.  
 Velocidades relativa = y = 10,7

Co L = 2,7 N.  
 Co D = 2,1 N.  
 Co (L-D) = 0,6 (Se resta por ser mismo signo)  
 Co (L-D) y = 0,6 x 10,7 = 6,42.

$H = 6,42 \left(1 + \frac{2g}{900}\right)$  (signo positivo por-  
 que el buque navega al Weste a razón de  
 14' en Longitud por hora).

$H = 6,42 \left(1 + \frac{2 \times 14'}{900}\right) = 6,62s$

#### NOTA.

Las Tablas de navegación mencionadas, tienen actualmente la siguiente numeración:

H.O. 71 ..... SRPUB 260  
 H.O. 120 ..... SRPUB 261  
 H.O. 229 ..... SRPUB 229  
 H.O. 249 ..... SRPUB 249

H = 6,62s que es el intervalo entre la hora meridiana y la hora de la máxima altura.

Como en este caso el buque se va alejando del Sol, la altura máxima ocurre "antes" que la meridiana, luego la corrección es positiva.

HmGr altura máx. = 07h 26m 39,s  
 H = + 6,6s  
 HmGr de la merid. = 07h 26m 45,6s

Hvl = 12h 00m 00s  
 -Et = -01m 20s  
 Hml = 12h 01m 20,0  
 HmGrm = 07h 26m 45,6s  
 Go = 04h 34m 34,4 E.  
 Go = 68° 38',5 E.



## CAPITULO XIII

### DESVIOS

#### Empleo de las Tablas de azimut en su determinación: Roja, Azul, 214 y 229 - Otros métodos en la obtención de los desvíos

##### 13.00 CARACTERISTICAS.

Meridiano magnético es el plano vertical que pasa por el compás y por los Polos magnéticos de la tierra.

Meridiano del compás es el plano vertical que contiene a la aguja. El ángulo que forman estos meridianos, es el desvío.

El desvío es positivo (+  $\Delta$ ) si el Norte de la aguja queda al Este (derecha) del meridiano magnético y negativo (-  $\Delta$ ) si queda al oeste (izquierda) del meridiano magnético. Se produce debido a que la aguja no toma la dirección N-S magnético, sino que una dirección resultante entre la dirección de la fuerza horizontal H de la tierra (N-S mag.) y la fuerza perturbadora producida por los fierros del buque.

Varía inversamente con H (fuerza que trata de orientar a la aguja); directamente con la intensidad de la fuerza desviadora y con la dirección que esta fuerza tenga respecto a la aguja del compás. Es decir, cambia el desvío o efecto que esa fuerza desviadora produce, al cambiar la proa o rumbo del buque, puesto que actúa en otra dirección con respecto a la aguja.

El ángulo formado por el "meridiano verdadero" y el "meridiano magnético", es la variación magnética y es positivo si el Norte magnético queda al Este (derecha) del verdadero y negativo si queda al W. (izquierda). El ángulo formado por el "meridiano verdadero" y el "meridiano del compás", se llama ERROR.

Luego;  $ERROR = Vmg + \Delta$

El error es positivo si el meridiano del compás queda a la derecha del meridiano verdadero, y negativo si queda a la izquierda.

El desvío a una proa cualquiera es igual y de signo contrario al de la proa opuesta, puesto que

la fuerza desviadora del buque actuará con la misma intensidad y bajo el mismo ángulo sobre la aguja, pero sobre su otro Polo. Luego, la suma algebraica de los desvíos a varias proas equidistantes, es igual a cero; siempre que no exista el coeficiente A.

Para pasar de un Azimut o Demarcación verdadera a una de compás, se siguen las mismas reglas que rigen para la conversión de rumbos. Es decir:

Para pasar del bueno al malo lo cambia el signo de la Vmg y desvío.

Para pasar del malo al bueno no cambia el signo de la Vmg y desvío.

Se considera "bueno", lo verdadero con respecto a lo magnético, y lo magnético con respecto a lo del compás.

Se considera "malo", lo del compás con respecto a lo magnético, y lo magnético, con respecto a lo verdadero.

##### 13.01 EJEMPLOS.

Si se tiene un Azimut del compás =  $310^\circ$ ; un desvío  $7^\circ$  E. y una variación magnética  $13^\circ$  W. ¿Cuál será el azimut verdadero?

$$Azc = 310^\circ$$

$$\Delta = + 7^\circ \text{ E.}$$

$$Azmg = 317^\circ$$

$$Vmg = - 13^\circ \text{ W.}$$

$$Azv = 304^\circ$$

Se opera, entonces, de acuerdo con los verdaderos signos que tienen la Variación magnética y el desvío, sin cambiarlos, puesto que pasando del malo (Rc) al bueno (Rv) no cambia.

El caso contrario, sería si se tiene  $Az_v = 304^\circ$ ,  $Vmg = 13^\circ W$ ,  $\Delta = 7^\circ E$ .

$$\begin{aligned} Az_v &= 304^\circ \\ Vmg &= + 13^\circ W. \\ Azmg &= 317^\circ \\ \Delta &= - 7^\circ E. \\ Azc &= 310^\circ \end{aligned}$$

Se opera en este caso, cambiando los signos a la  $Vmg$  y al desvío, pues va del bueno ( $Az_v$ ) al malo ( $Azc$ ); y del bueno al malo lo cambia.

Supongamos ahora, que se ha tomado a un astro  $Azc = 310^\circ$ , a una cierta hora y navega a cierta proa, en un lugar donde la  $Vmg = 13^\circ W$ . ¿Cuál es el desvío del compás?

Con la hora, la Latitud del lugar y la declinación del astro demarcado se obtiene de la Tabla de Azimutes que el azimut verdadero es  $304^\circ$ .

$$\begin{aligned} \text{Entonces: } Az_v &= 304^\circ \\ Vmg &= + 13^\circ W. \text{ lo cambia} \\ Azmg &= 317^\circ \\ Azc &= 310^\circ \\ \Delta &= + 7^\circ \end{aligned}$$

Es positivo para que sumando algebraicamente al  $Azc$  dé el  $Azmg$ .

### 13.02 METODOS PARA DETERMINAR DESVIOS.

Existen varios métodos para determinar los desvíos de un compás y son los siguientes:

- 1º) Por azimutes de Sol o astros.
- 2º) Por enfilaciones.
- 3º) Por marcaciones recíprocas.
- 4º) Por demarcaciones a un objeto lejano.
- 5º) Por comparación con el girocompás.
- 6º) Por amplitud al orto u ocaso.

A continuación veremos separadamente cada uno de ellos.

### 13.03 DESVIOS POR AZIMUT DE SOL O ASTROS.

Se toma con el compás el azimut de Sol o de algún astro cuya altura esté entre los 15 y 30 grados, anotando en ese instante la hora del comparador o cronómetro para calcular el "ángulo al Polo" (P) por alguno de los métodos conocidos; argumento que, junto con la "Latitud" y "Declinación", nos permitirá entrar a la Tabla de azimut y obtener el azimut verdadero, el que corregido de la variación magnética exacta del

lugar, nos da el magnético, cuya diferencia con el azimut tomado con el compás nos dará el desvío con su signo, para la proa que navegaba o se encontraba el buque en el momento de tomarlo.

Al efectuar el cálculo del Azimut verdadero debe tenerse presente que las "Tablas de Azimutes" dan el "ángulo en el zenit" (Z), o sea el ángulo contado desde Polo elevado hacia el Este o Weste según el signo del ángulo al Polo; es decir, desde el Sur en el Hemisferio Sur y desde el Norte en el Hemisferio Norte; elemento que debe convertirse en Azimut Verdadero ( $Az_v$ ) o sea de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  por el Este.

### 13.04 TABLAS DE AZIMUT.

Sabemos que azimut es el ángulo formado en el zenit entre el meridiano del lugar y el vertical del astro, medido en el horizonte verdadero de  $0^\circ$  a  $360^\circ$  por el Este; es decir, en el sentido del movimiento de los punteros de un reloj.

Sabemos también que el triángulo de posición se forma en el Polo elevado y que los ángulos que intervienen en el cálculo de sus elementos no pueden ser mayor de  $180^\circ$  luego es necesario tener un elemento auxiliar que es el ángulo en el zenit (Z) contado del Polo elevado hacia el E. o W.

El azimut de un astro (o demarcación verdadera de un astro es lo mismo) puede ser calculado exactamente cuando se conoce:

- La Latitud del observador.
- El ángulo al Polo del astro.
- La declinación del astro.

Pero el cálculo trigonométrico del azimut es un trabajo largo y pesado y el navegante necesita rapidez y seguridad. Para conseguir esto se vale de gráficos o tablas confeccionadas para este objeto y publicadas por algunos Institutos Hidrográficos.

### 13.05 CALCULO DEL AZIMUT DE UN ASTRO POR TABLAS.

La Oficina Hidrográfica de EE.UU. publica la Tabla de Azimut de Sol H.O. 71 y la Tabla de Azimut H.O. 120 que fueron calculadas por las analogías de Nappier.

La Tabla Roja H.O. 71 a pesar que dice: "Azimut de Sol" además del Sol, se usa para todo astro cuya Declinación sea menor de  $23^\circ$ .



La Tabla Azul H.O. 120 se usa para todo astro con declinación desde  $24^\circ$ . Entre las declinaciones  $23^\circ$  y  $24^\circ$  habrá que interpolar entre ambas Tablas.

En las Tablas, los valores del ángulo en el zenit vienen tabuladas para cada grado de Latitud y de Declinación, y para cada diez minutos de P.

La Tabla Roja viene tabulada en páginas separadas para cada grado de Latitud desde  $0^\circ$  a  $70^\circ$ . Para facilitar su uso, cuando se trabaja con el Sol, está arreglada con el argumento "P" expresado en Tiempo Verdadero (HvL). En la columna de la derecha de cada página, el argumento viene bajo el nombre de "Apparent Time PM" (HvL PM) y en la columna de la izquierda "Apparent Time AM" (HvL AM). La de la izquierda se usa sólo con el Sol y para evitar confusiones más vale no usar la columna de la izquierda en la práctica; y trabajar siempre con la columna de la derecha, considerándola como "Ángulo al Polo" Este o Oeste.

Como el lado PA (Polo-Astro) del triángulo de posición puede ser  $(90 - D)$  o  $(90 + D)$ , para considerar ambos casos se ha dividido la Tabla en tres partes a saber:

Parte I para Latitud  $0^\circ$ .

II para L. y D. del mismo nombre.

III para L. y D. de distinto nombre.

El valor del ángulo en el zenit (Z), viene tabulado en combinación con tres elementos: Latitud del observador, ángulo al Polo declinación del astro. Obtenido el valor de Z de la Tabla se convertirá en azimut verdadero (Azv) reduciendo el valor de Z a graduación  $0^\circ - 360^\circ$ . A este valor de Azv se le corrige la Vmg exacta, obteniendo el azimut Magnético (Azmg) cuya diferencia con el valor del azimut del compás (Azc) dará el desvío con su signo.

Cuando se desee determinar el error del giro-compás (Eg), el valor de este error será la diferencia entre el azimut calculado por las Tablas y el azimut tomado con el giro.

Al pie de la columna de ángulo en el zenit y en cada una de las páginas de la Tabla, encontraremos una tabla adicional que da la "Hora del orto u ocaso verdadero del Sol" con el ángulo al zenit correspondiente.

El ángulo en el zenit que proporciona la Tabla adicional es al minuto de aproximación. El Z

(ángulo al zenit) corresponde al instante en que el centro del Sol está en el horizonte verdadero, pero debido a los efectos de la refracción éste está elevado  $33'$  sobre el horizonte de la mar en el momento de su orto u ocaso verdadero, lo que hace necesario tomar el azimut con el compás en el instante en que el limbo inferior esté a  $16'$  sobre el horizonte; esto es, un semidiámetro.

NOTA: Estas Tablas actualmente tienen la siguiente denominación:

H.O. 71 = SRPUB 260

H.O. 120 = SRPUB 261

y son editadas por "Defense Mapping Agency Hydrographic Topographic Center".

### 13.06 USO DE LA TABLA ROJA.

1º) Determinése por alguno de los métodos conocidos el ángulo al Polo P. Este o Oeste del astro observado. (Se recomienda emplear el método de la HvL para el Sol y el del AHGr en los demás).

2º) De acuerdo con los signos de la Latitud y Declinación, determinar qué parte de la Tabla (I, II o III) le corresponde usar.

3º) Seleccione la página correspondiente a la Latitud, para el grado entero "menor" en el caso que ésta sea grados y fracción.

4º) Entre a la Tabla con la Declinación al grado entero "menor", en el caso que ésta sea grados y fracción y con el ángulo al Polo con las horas y decenas de minutos enteros "menor" en el caso de tener unidades; determinará el ángulo al zenit, que se llamará Z base (ZB).

5º) Coloque al Z el signo de la Latitud hacia el E. o W.; según el astro esté al Este o Oeste del meridiano (Signo del P.). Estas reglas están al pie de cada página de la Tabla.

6º) Proceda a interpolar separadamente cada elemento. Súmese algebraicamente cada corrección parcial para obtener la corrección total (CT); cuando los valores de L o D son grados enteros, como asimismo el valor de P es una decena completa en minutos no se interpolará en aquellos elementos que están en esas condiciones.

7º) Corregir la corrección total al Z Base.

8º) Convertir el Z Base corregido en Azv.

(Se reduce el Z Base a graduación  $0^\circ - 360^\circ$ ).



### 13.07 CALCULO DEL DESVIO POR AZIMUT DE SOL USANDO TABLA ROJA.

El 25 de marzo de 1978 a las Hzl = 09.10 Zh +4 en L = 33° 32' S, G = 71° 40' W se demarcó el Sol, azimut del compás = 059° Hcp = 10h 29m 50s cp = 02h 32m 07s, Ea = 00h 08m 14s, Vmg = 11° E. Proa compás = 144°. Se pide el desvío del compás magistral magnético.

Hcp = 10h 29m 50s  
cp = 02h 32m 07s  
Ea = 00h 08m 14s  
HmGr = 13h 10m 11s (25 MAR.)  
Et = 06m 00s  
HvGr = 13h 04m 11s  
G = 04h 46m 40s W.  
Hvl = 08h 17m 31s  
P = 03h 42m 29s E.  
D = 01° 48',0 N.  
L = 33° 32',0 S.

D ⊙ = 01° 47',8 N.  
Co d = + 0',2  
D ⊙ Co = 01° 48',0 N.

ZBase = S 111° 46',0 E.  
CT = + 30',8  
Zv = S 112° 16',8 E.  
Azv = 067°,7  
Vmg = - 11°,0 E.  
Azmg = 056°,7  
Azc = 059°,0  
Δ = - 2°,3

Hzl = 09h 10m  
Zh = 04h 00m  
HmGr ap = 13h 10m

#### INTERPOLACIONES

P 03h 40m = 111° 46'  
P 03h 50m = 110° 01'  
Dif. 10m P = - 105'  
- 105 x 2,5  
Co. Para 2,5m P =  $\frac{10}{10} = -26',3$   
D ⊙ 1° = 111° 46'  
D ⊙ 2° = 112° 38'  
Dif. 60' D = + 52'  
+ 52 x 48'  
Co. Para 48',0 =  $\frac{52}{60} = +41',6$

L 33° = 111° 46'  
L 34° = 112° 15'  
Dif. 60' L = - 29'  
29 x 32

Co. 32' L =  $\frac{29}{60} = +15',5$

Correc. Total = +30',8

En beneficio del tiempo, puede emplearse para hacer las correcciones por interpolación, multiplicar las diferencias obtenidas con su signo, por los décimos de grados de la latitud y declinación a corregir respectivamente; y, en el P, por décima parte de los minutos de P. Es decir: corrección por D = diferencia con su signo x décimos de grados por corregir = 52 x 08 = +41',6.

Corrección por L = diferencia con su signo x décimos de grado por corregir = +29 x 0,5 = +14',5.

Corrección por P = diferencia con su signo dividido por 10 y multiplicado por minutos y décimos por corregir = 10',5 x 2,5 = -26',3.

Corrección total +41',6 +14',5 -26',3 = +29',8.

Puede verse que la diferencia entre ambos métodos seguidos en el ejemplo es sumamente pequeña y, no afecta mayormente el resultado final.

### 13.08 CALCULO DEL DESVIO POR AZIMUT DE PLANETA USANDO LA TABLA ROJA.

El 24 de diciembre de 1978 en latitud 40° 30' N, longitud 139° 19' W, se observó azimut de compás de Saturno al 150° a la Hcr = 12h 48m 10s, Ea = 00h 10m 07s, Hzl = 0358, Zh +9, Vmg 15° E. ¿Cuál es el desvío del compás?

Hcr = 12h 48m 10s  
Ea = 00h 10m 07s

HmGr = 12h 58m 17s (24 Dic.)

AHGr = 106° 45',0

Co = 14 34,3

co v = + 2,4

AHGr\* Co = 121° 21',7

G = 139° 19',0 W

P = 17° 57',3 E

P = 01h 11',8 E

D\* = 07° 59',8 N

L = 40° 30',0 N



$$\begin{aligned} \text{Hzi} &= 03\text{h } 58\text{m} \\ \text{Zh} &= 09\text{h } 00\text{m} \\ \text{HmGrap} &= 12\text{h } 58\text{m} \end{aligned}$$

$$D^* = 07^\circ 59',8 \text{ N}$$

$$\begin{aligned} \text{Z Base} &= \text{N } 149^\circ 55',0 \text{ E} \\ \text{CT} &= -1^\circ 01',1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ZB} &= \text{N } 148^\circ 53',9 \text{ E} \\ \text{Azv} &= 148^\circ,9 \\ \text{Vmg} &= -5^\circ,0 \text{ E} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Azmg} &= 133^\circ,9 \\ \text{Azc} &= 150^\circ,0 \end{aligned}$$

$$\Delta = -16^\circ,1$$

#### INTERPOLACIONES

Correc. por D.-

$$D \ 07^\circ = 149^\circ 55'$$

$$D \ 08^\circ = 149^\circ 15'$$

$$\text{Dif. } 1^\circ = -40'$$

$$\text{Co para } 59',8 \text{ D} = \frac{-40 \times 59,8}{60} = -39',9$$

Correc. por P.

$$P \ 01\text{h } 10\text{m} = 149^\circ 55'$$

$$P \ 01\text{h } 20\text{m} = 146^\circ 09'$$

$$\text{Dif. } 10\text{m } P = -3^\circ 46' = 226'$$

$$\text{Co. para } 1,8\text{m } P = \frac{226 \times 1,8}{10} = -40',7$$

Correc. por L.

$$L \ 40^\circ = 149^\circ 55'$$

$$L \ 41^\circ = 150^\circ 34'$$

$$\text{Dif. para } 60' L = +39'$$

$$\text{Correc. por } 30' L = \frac{39 \times 30}{60} = +00^\circ 19',5$$

$$\text{Correc. total (CT)} = -1^\circ 01',1$$

#### 13.09 LA TABLA AZUL

Esta Tabla ha sido calculada y tabulada en forma similar a la Roja, excepto que:

1º) Los valores del ángulo en el zenit vienen dados para Declinaciones desde  $24^\circ$  a  $70^\circ$  y en consecuencia no puede ser empleada con el Sol; además, la columna de P, que es uno de los argumentos, lleva por encabezamiento "Hours angle" (ángulo al Polo) en vez de "hora verdadera del lugar".

2º) La Tabla ha sido confeccionada sólo para las Latitudes y Declinaciones del mismo nombre pero se usa en ambos casos.

#### 13.10 USO DE LA TABLA AZUL CUANDO L Y D SON DEL MISMO SIGNO.

a) Se calcula el ángulo al Polo, por el método del ángulo horario de Greenwich (AHGr).

b) Se busca la página correspondiente a la Latitud para el grado entero "menor".

c) Entrar a la Tabla con la Declinación al grado entero menor y con el ángulo al Polo (Hour angle) con las horas y decenas de minutos enteros, menor más próximo al valor tabulado para P y se obtiene el ángulo zenit (Z) que se llamará Z base (ZB).

d) Colocarle a ZB el signo de la Latitud y hacia el Este si el astro está saliendo o está al Este del meridiano del lugar, o Weste si se está poniendo o está al Weste del meridiano. (Estas reglas están al pie de cada página de la Tabla).

e) Procédase a interpolar separadamente cada elemento. Súmese algebraicamente cada corrección parcial para obtener la corrección total (CT). Cuando los valores de L o D son grados enteros, como asimismo el valor de P es una decena completa en minutos no se interpolará en los elementos que están en esas condiciones.

f) Aplique la corrección total al Z Base.

g) Convierta el Z Base corregido en Azv. (Se reduce el Z Base a graduación  $0^\circ - 360^\circ$ ).

#### 13.11 USO DE LA TABLA AZUL CUANDO L Y D SON DE DISTINTOS SIGNOS.

a) Determine el ángulo al Polo, por el método del ángulo Horario en Greenwich (AHGr).

b) Seleccione la página correspondiente a la Latitud al grado entero "menor".

c) Entre a la Tabla con la Declinación al grado entero "menor" y con el "suplemento" del ángulo al Polo ( $12 - P$ ) con las horas y decenas de minutos entero "menor" y saque el ángulo al zenit (Z) que se llama Z Base (ZB).

d) Coloque al ángulo al zenit el signo del Polo depreso (o de la declinación) y hacia el Este si el astro está al Este del meridiano del lugar, o Weste si está al Weste del meridiano (Signo del P).

e) Proceda a interpolar separadamente cada elemento. Súmese algebraicamente cada corrección parcial para obtener la corrección total (CT).

Quando los valores de L o D son grados enteros, como asimismo el valor P es una decena completa en minutos, no se interpolará en aquellos elementos que están en esas condiciones.

f) Corríjase la corrección total al Z Base.

g) Conviértase el Z base corregido en Azv (Se reduce el Z base a graduación  $0^\circ - 360^\circ$ ).

### 13.12 EJEMPLO DE CALCULO DE DESVIO POR AZIMUT DE ESTRELLA.

El 6 de abril de 1978, siendo Hzl = 19h 55m; Zh = -10h en L =  $28^\circ 50' S$ ; G =  $154^\circ 17' E$ , se tomó a Póllux Azc 002°; Hcp = 06h 24m 12s; cp = 03h 13m 37s; Ea = 00h 17m 10s, proa del compás  $052^\circ$  Vmg  $21^\circ,3 W$ . Se pide el desvío del compás.

Hcp = 06h 24m 12s  
cp = 03h 13m 37s  
Ea = 00h 17m 10s

HmGr = 09h 54m 59s (6 ABR).

AHGr  $\gamma$  =  $329^\circ 17',9$

Co =  $13^\circ 47,0$

AHGr  $\gamma$  Co =  $343^\circ 04',9$

AHS\* =  $244^\circ 00,2$

AHGr\* =  $587^\circ 05',1$

360 =  $360^\circ 00,0$

AHGr\* =  $227^\circ 05',1$

G =  $154^\circ 17',0 E$ .

AHL =  $381^\circ 22',1$

P =  $21^\circ 22',1 W$ .

P =  $01h 25,5m$

12 - P =  $10h 34,5m$

D\* =  $28^\circ 04',7 N$ .

L =  $28^\circ 50',0 S$ .

Z Base = N  $22^\circ 58',0 W$ .

CT =  $-01^\circ 17',4$

Zv = N  $21^\circ 40',6 W$ .

Azv =  $338^\circ,3$

Vmg =  $+21^\circ,3 W$ .

Azmg =  $359^\circ,6$

Azc =  $002^\circ,0$

$\Delta = -2^\circ,4$

Hzl = 19h 55m

Zh = -10h 00m

HmGrap = 09h 55m D\* =  $28^\circ 04',7 N$ .

### INTERPOLACIONES

P 10h 30m =  $22^\circ 58'$

P 10h 40m =  $20^\circ 35'$

Dif. 10m P =  $-2^\circ 33' = 143'$

Co. 4m P =  $\frac{-143 \times 4,5}{10} = -64',3$

D  $28^\circ = 22^\circ 58'$

D  $29^\circ = 22^\circ 31'$

Dif.  $1^\circ D = -27'$

Co. para  $4',7 (0',1) = -27 \times 0',1 = -2',7$

L  $28^\circ = 22^\circ 58'$

L  $29^\circ = 22^\circ 45'$

Dif.  $1^\circ L = -13'$

Co. para  $50' (0',8) = -13 \times 0',8 = -10',4$

CT =  $-77',4$   
=  $-01^\circ 17',4$

### 13.13 OTRO EJEMPLO: DETERMINAR EL ERROR DEL GIROCOMPAS.

El 13 de abril de 1978 en L =  $14^\circ 31' S$ , G =  $84^\circ 52' W$  se tomó azimut con el girocompás  $003^\circ$  a la estrella Vega, proa del compás  $250^\circ$ , siendo la Hzl 0445 Zh + 6 Hcp = 09h 16m 22,5s, cp = 01h 20m 23s, Ea = 00h 09m 08,5s.

Hcp = 09h 16m 22,5s

cp = 01h 20m 23,0s

Ea = 00h 09m 08,5s

HmGr = 10h 45m 54,0s (13 ABR)

AHGr  $\gamma$  =  $351^\circ 14',3$

Co =  $11^\circ 30,4$

AHGr  $\gamma$  Co =  $002^\circ 44,7$

AHS\* =  $80^\circ 56',8$

AHGr\* =  $83^\circ 41',5$

G =  $84^\circ 52',0 W$ .

P =  $01^\circ 10',5 E$ .

12 - P =  $11h 55,3m$

D\* =  $38^\circ 45',6 N$ .

L =  $14^\circ 31',0 S$ .

Z Base =  $02^\circ 30',0$

CT =  $-01^\circ 23',7$

ZB = N  $01^\circ 06',3 E$ .

Azv =  $001^\circ,1$

Azc =  $003^\circ,0$

Eg =  $-1^\circ,9$



$$\begin{aligned} \text{Hzi} &= 04\text{h } 45\text{m} \quad D^* = 38^\circ 45',6 \text{ N.} \\ \text{Zh} &= 06\text{h } 00\text{m} \\ \text{HmGr ap} &= 10\text{h } 45\text{m} \end{aligned}$$

## INTERPOLACIONES

$$P \ 11\text{h } 50\text{m} = 02^\circ 30'$$

$$P \ 12\text{h } 00\text{m} = 00^\circ 00'$$

$$\text{Dif. } 10\text{m } P = -02^\circ 30'$$

$$= -150'$$

$$-150 \times 5,3$$

$$\text{Co. para } 5,3\text{m } P = \frac{-150 \times 5,3}{10} = -79',5$$

$$D \ 38^\circ = 02^\circ 30'$$

$$D \ 39^\circ = 02^\circ 26'$$

$$\text{Dif. } 1^\circ = -04'$$

$$\text{Co. para } 45',6 (0^\circ,8) = -04' \times 0^\circ,8 = -3',2$$

$$L \ 14^\circ = 02^\circ 30'$$

$$L \ 15^\circ = 02^\circ 28'$$

$$\text{Dif. } 1^\circ = -02'$$

$$\text{Co. para } 31' (0^\circ,5) = -02' \times 0,5 = -1',0$$

$$\text{Correc. total} = -83',7$$

$$= -01^\circ 23',7$$

## 13.14 AZIMUT POR LA TABLA N° 214.

Fuera de las tablas de azimut anteriormente explicadas, el azimut de un astro puede determinarse por medio de la Tabla de navegación Pub. N° 214.

El proceso de determinar el azimut de un astro por esta Tabla, es similar al indicado por las Tablas ROJA y AZUL, excepto en que el valor de P. se calcula en grados y minutos. Téngase presente que "d" y "r" y las Tablas de correcciones que vienen al final de las Tablas N° 214 son para interpolar en "Altura" y por lo tanto "no deben usarse en el cálculo del ángulo en el zenit en estos casos". Luego para calcularse este ángulo, será necesario interpolar para cada elemento.

## 13.15 USO DE LAS TABLAS 214 y 229 PARA DETERMINAR AZIMUT VERDADERO EN EL CALCULO DE DESVIOS.

1°) Determinase el valor del ángulo al Polo (P) Este o Oeste.

2°) De acuerdo con los valores y signos de la Latitud y Declinación (mismo nombre o nombres contrarios) y el valor de P determinado, se entra a la Tabla con estos datos al grado menor, obteniéndose el ángulo al zenit base (Z Base).

3°) Procédase a interpolar separadamente para cada elemento. Súmese algebraicamente cada corrección parcial para obtener la corrección total (CT).

4°) Corrija el Z Base con la corrección total.

5°) Conviértase el Z Base corregido, en Azv.

## 13.16 EJEMPLO DE CALCULO DE DESVIO POR AZIMUT DE UN ASTRO POR TABLA N° 214.

El 26 de Marzo de 1978 navegando al Rc 023° se tomó Azc Sol en L.  $33^\circ 07',0$  S. G.  $78^\circ 31',5$  W. Hcp 03h 26m 53s cp 03h 49m 15s Ea 00h 09m 18s Hzi 15h 26m Zh +4 Vmg  $14^\circ,5$  E. Calcular desvío.

$$\text{Hcp} = 03\text{h } 26\text{m } 53\text{s}$$

$$\text{cp} = 03\text{h } 49\text{m } 15\text{s}$$

$$\text{Ea} = 00\text{h } 09\text{m } 18\text{s}$$

$$\text{HmGr} = 19\text{h } 25\text{m } 26\text{s} \quad (26 \text{ MAR})$$

$$\text{AHGr } \odot = 103^\circ 34',9$$

$$\text{Co} = 06^\circ 21',5$$

$$\text{AHGr } \odot \text{ Co} = 109^\circ 56',4$$

$$\text{G} = 78^\circ 31',5 \text{ W.}$$

$$\text{P} = 31^\circ 24',9 \text{ W.}$$

$$\text{D } \odot = 02^\circ 17',6 \text{ N.}$$

$$\text{L} = 33^\circ 07',0 \text{ S.}$$

$$\text{Z Base} = \text{S } 133^\circ,9 \text{ W.}$$

$$\text{CT} = -0^\circ,1$$

$$\text{ZB} = \text{S } 133^\circ,8 \text{ W.}$$

$$\text{Azv} = 313^\circ,8$$

$$\text{Vmg} = -14^\circ,5 \text{ E.}$$

$$\text{Azmg} = 299^\circ,3$$

$$\text{Azc} = 298^\circ,0$$

$$\Delta = -1^\circ,3$$

$$\text{Hzi} = 15\text{h } 26\text{m}$$

$$\text{Zh} = 04\text{h } 00\text{m}$$

$$\text{HmGr ap} = 19\text{h } 26\text{m}$$

$$\text{D } \odot = 02^\circ 17',2 \text{ N.}$$

$$\text{cod} = +0',4$$

$$\text{D } \odot \text{ co} = 02^\circ 17',6 \text{ N.}$$

# INTEPOLACIONES

$$\begin{array}{l|l} \text{Co. P} & \begin{array}{l} 31^\circ \text{ --- } 133^\circ,9 \\ 32^\circ \text{ --- } 132,8 \end{array} \\ \hline \text{Dif. } 60' & = -1^\circ,1 \\ & 24',9 \times (-1,1) \\ \text{Co. para } 24',9\text{m} & = \frac{\quad}{60,} = -0^\circ,45 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} \text{Co. D} & \begin{array}{l} 02^\circ 00' \text{ --- } 133^\circ,9 \\ 02^\circ 30' \text{ --- } 134^\circ,3 \end{array} \\ \hline \text{Dif.} & = +0^\circ,4 \\ & 17,6 \times 0,4 \\ \text{Co. D para } 17,6 & = \frac{\quad}{30} = +0^\circ,23 \end{array}$$

$$\begin{array}{l|l} \text{Co. L} & \begin{array}{l} 33^\circ \text{ --- } 133^\circ,9 \\ 34^\circ \text{ --- } 134^\circ,6 \end{array} \\ \hline \text{Dif. } 60' & = +0^\circ,7 \\ & 7 \times 0,7 \\ \text{Co. L para } 7' & = \frac{\quad}{60} = +0',08 \\ & \text{CT} = -0^\circ,14 \end{array}$$

Cuando se trate del Sol, es más corto calcular el P por Hvl.

En este caso tenemos:

$$\begin{array}{l} \text{HmGr} = 19\text{h } 25\text{m } 26\text{s} \\ \text{G} = 05\text{h } 14\text{m } 06\text{s } \text{W.} \\ \text{Hml} = 14\text{h } 11\text{m } 20\text{s} \\ \text{Et} = -05\text{m } 41\text{s} \\ \text{Hvl} = 14\text{h } 05\text{m } 39\text{s} \\ \text{P} = 02\text{h } 05\text{m } 39\text{s} \\ \text{P} = 31^\circ 24',8 \text{ W.} \end{array}$$

## 13.17 AZIMUT POR LA TABLA N° 249.

La Tabla sólo permite determinar azimutes de los astros que trae tabulados, por eso su uso es muy limitado. En todo caso si se usare esta Tabla, habrá que hacer las interpolaciones que corresponden para obtener un azimut lo más exactamente posible.

## 13.18 DESVIO POR ENFILACIONES.

Este es un sistema muy cómodo y rápido para obtener un buen azimut verdadero. Se usa para poder determinar desvíos del compás magnético o error del girocompás, especialmente cuando, por estar el cielo nublado, no puede hacerse

observando los astros. Para ello, en algunos puertos, se han colocado enfilaciones, que marcadas en las Cartas dan la orientación en que están situadas; es decir, su azimut verdadero. A falta de enfilaciones, se pueden usar puntos bien definidos que estén situados en las cartas y que se presten ventajosamente para usarlos como enfilaciones. Al usar el sistema de enfilaciones, se recomienda que la distancia a la cual se cruza la enfilación no sea mayor de tres veces la separación entre los puntos enfilados. Por ejemplo, si tenemos dos enfilaciones a una distancia entre ellos de 1 milla, la distancia que el buque debe pasar de la enfilación más cerca a él, en el momento de enfilarse, no debe ser mayor de 3 millas.

Para emplear este procedimiento, se cruzará la enfilación al rumbo del compás cuyo desvío se desea determinar. Dicho rumbo debe mantenerse como mínimo cuatro minutos antes de enfilarse los puntos y en el momento de cruzarla se toma una cuidadosa demarcación con la alidada.

A veces una mala visibilidad, hace difícil para el observador precisar el momento justo en que los puntos o señales enfilan. Cuando esto suceda, se recomienda, que otra persona con ayuda de anteojos prismáticos indique con un "Top", el momento preciso en que los puntos elegidos o las señales se enfilan; limitándose el observador a mantener la enfilación más cercana en la alidada y leer la demarcación del compás en el momento de oír el "Top" del ayudante, quien deberá estar situado lo más próximo posible al observador. De la carta obtendremos la demarcación verdadera (orientación de las enfilaciones), que corregida de la variación magnética, dará la demarcación magnética, cuya diferencia con la del compás, dará el desvío a la proa con que se cruzó la enfilación.

## 13.19 DESVIO POR DEMARCACIONES RECÍPROCAS.

Este sistema tiene el inconveniente que necesita tener un compás instalado en tierra, situado en un lugar libre de perturbaciones magnéticas locales. Existen puertos que tienen estaciones con este objeto.

Para operar con este método, se conviene primeramente las señales con que se actuará entre buque y tierra, que podrá ser:

Una Bandera al tope, indicará "LISTO".

Al arriarla a media asta indicará "OBSERVAR", momento en que junto con anotar la hora se anotará las demarcaciones del buque a tierra (donde está instalado el compás) y de tierra al buque (a la parte que está situado el compás a bordo).



## EJEMPLO.

| HORA | PROAS | DEM. TIERRA | RECIP. TIERRA | DEM. COMP. | DESVIO   |
|------|-------|-------------|---------------|------------|----------|
| 0930 | 000   | 321°,0      | 141°,0        | 143°,5     | 2°,5 W.  |
| 0935 | 045   | 316°,0      | 136°,0        | 137°,2     | 1°,2 W.  |
| 0939 | 090   | 315°,8      | 135°,8        | 130°,3     | 5°,5 E.  |
| 0943 | 135   | 314°,5      | 134°,5        | 127°,2     | 7°,3 E.  |
| 0948 | 180   | 314°,0      | 134°,0        | 124°,0     | 10°,0 E. |
| 0953 | 225   | 312°,0      | 132°,0        | 141°,5     | 9°,5 W.  |
| 0957 | 270   | 300°,0      | 120°,8        | 127°,5     | 6°,7 W.  |
| 1001 | 315   | 295°,0      | 115°,0        | 118°,0     | 3°,0 W.  |

La recíproca se determina restándole 180° a la demarcación de tierra.

## 13.20 DESVIO POR DEMARCACIONES A UN OBJETO LEJANO.

## 1er. Método.

a) Se demarca con el compás un objeto lejano bien definido y al mismo tiempo se sitúa el buque por ángulos horizontales.

b) De la carta se saca la demarcación verdadera que hay desde la situación del buque al punto lejano elegido.

c) A esta demarcación verdadera le corrige la Variación Magnética exacta y obtiene la demarcación magnética, cuya diferencia con la demarcación del compás tomada dará el desvío con su signo.

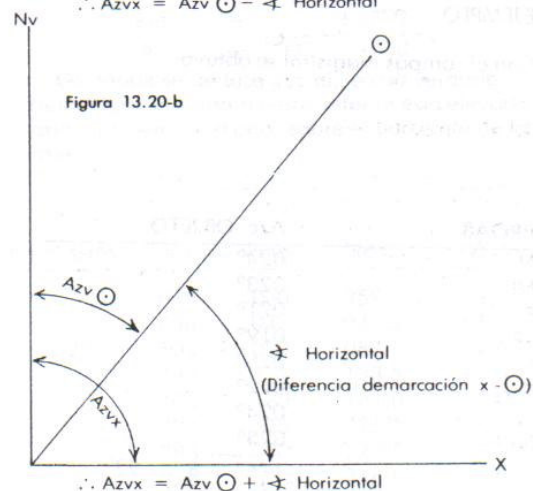
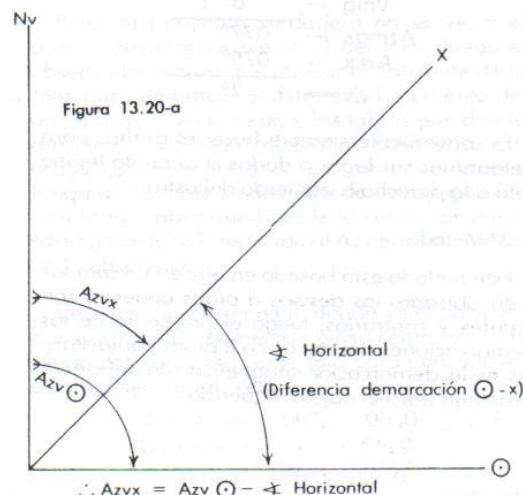
## 2º Método.

a) Toma demarcación del compás simultáneamente al punto lejano (X) y al Sol (☉), anotando la Hora del Cronómetro o del comparador.

b) Con la Hora, calcula el Azv del Sol.

c) La diferencia entre las demarcaciones del Sol y el punto lejano, ángulo horizontal, se la corrige al Azv ☉ y dará el Azv al punto lejano (X).

d) A este Azv se le corrige la variación magnética exacta y, obtendrá el Azmg X, cuya diferencia con el Accx, dará el desvío con su signo. (Figura 13.20-a y 13.20-b).



## EJEMPLO:

Habiendo tomado una demarcación a un punto lejano (X) y al Sol (☉) a una hora determinada se obtuvo:

$Avz☉ = 040^\circ$ ;  $Azc☉ = 032^\circ$ ;  $Azcx$  (punto lejano)  $= 075^\circ$ ;  $Vmg = 6^\circ$  E. Se pide el desvío del compás.

$$\begin{aligned}\text{Angulo Horizontal} &= Azcx - Azc☉ \\ &= 075^\circ - 032^\circ = 43^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}Azvx &= Avz☉ + \text{Angulo Horizontal} \\ &= 040^\circ + 43^\circ = 083^\circ\end{aligned}$$

$$\begin{array}{rcl}Azvx &= & 083^\circ \\ Vmg &= & 6^\circ \text{ E.} \\ \hline Azmgx &= & 077^\circ \\ Azcx &= & 075^\circ \\ \hline \Delta &= & + 2^\circ\end{array}$$

Es conveniente siempre hacer el gráfico para determinar sin lugar a dudas si el punto lejano está a la derecha o izquierda del astro.

## 3º Método.

Este método está basado en que en un compás bien ubicado, los desvíos a proas opuestas son iguales y contrarios; luego el promedio de las demarcaciones del compás a 8 proas equidistantes es la demarcación magnética con suficiente exactitud para el objeto requerido.

## EJEMPLO:

Con el compás magistral se obtuvo:

| PROAS                      | Azc OBJETO |
|----------------------------|------------|
| N.                         | 024°       |
| NE.                        | 023°       |
| E.                         | 021°       |
| SE.                        | 019°       |
| S.                         | 020°       |
| SW.                        | 022°       |
| W.                         | 024°       |
| NW.                        | 023°       |
| $176^\circ : 8 = 22^\circ$ |            |

En estos métodos se necesita que la demarcación magnética se mantenga constante para todas las proas. Para conseguir esto, es necesario que la paralaje con el punto demarcado no exceda de medio grado, lo cual se obtiene haciendo que el círculo en que gire la nave sea el menor posible. Para conseguirlo se pueden observar las reglas siguientes:

1º) Si está fondeado a la gira la distancia al Objeto no debe ser menor de 6 millas, y el ancla lo más a pique posible.

2º) Navegando, no será menor de 10 millas y el buque no debe alterar su posición más de 150 metros (160 metros a 10 millas subtiende un ángulo de medio grado); para lo cual el buque navegará con las máquinas despacio y se ayudará con ellas para virar.

Si se observan estas reglas el Azmg es suficientemente exacto para todas las direcciones de la proa.

## 13.21 DESVIOS POR COMPARACION CON EL GIROCOMPAS.

Es un sistema muy usado, pero exige tener muy bien determinado el error del girocompás.

## 13.22 DESVIOS POR DEMARACIONES RECIPROCAS.

Este sistema tiene el inconveniente que necesita dos puntos de demarcación, uno al norte y otro al sur del punto de observación.

| Azmg OBJETO | DESVIOS |
|-------------|---------|
|             | - 2     |
|             | - 1     |
|             | + 1     |
| 022°        | + 3     |
|             | + 2     |
|             | 0       |
|             | - 2     |
|             | - 1     |



Para determinar desvío, se compara varias veces el rumbo del girocompás con el compás magnético, con lo cual obtiene el rumbo del compás que corresponde al del girocompás. Si a este rumbo del girocompás se le corrige el error del girocompás y la Variación Magnética, se obtendrá el rumbo magnético cuya diferencia con el rumbo del compás dará el desvío.

Supongamos que comparamos el rumbo del girocompás con el rumbo de un compás magnético, en un lugar con  $Vmg = 10^\circ E$ . y dió  $Rg = 040^\circ$ ;  $Rc = 031^\circ$  Error del giro  $= -1^\circ$

$$\begin{array}{rcl} Rg & = & 040^\circ \\ Eg & = & -1^\circ \\ Rv & = & 039^\circ \\ Vmg & = & 10^\circ E. \\ Rmg & = & 029^\circ \\ Rc & = & 031^\circ \\ \Delta & = & -2^\circ \end{array}$$

En el caso que haya que efectuar una vuelta al horizonte para determinar una tabla de desvíos, se hará en la forma que se indica a continuación.

Supongamos que en Valparaíso con  $Vmg = 11^\circ E$   $Eg = -2^\circ$  se desea determinar la tabla de desvío por comparación.

Se determina a qué proa del girocompás corresponde las proas magnéticas  $00^\circ - 45 - 90 - 135 - 180 - 225 - 270 -$  y  $315^\circ$  y las diferencias de estos  $Rmg$  con los rumbos de compás dará el desvío.

### 13.22 DESVIO POR AMPLITUD AL ORTO Y OCASO.

1) AMPLITUD. Es el arco del horizonte verdadero comprendido entre el vertical primario y el vertical del astro, al orto u ocaso, se cuenta de  $0^\circ$  a  $90^\circ$  desde E. o W. hacia el N. o S. Desde el Este, cuando está en el orto y desde el Oeste en el ocaso, hacia el Norte o Sur de acuerdo con el signo de la declinación del astro.

Si pudiéramos demarcar el sol en el momento que su centro está en el plano del "horizonte verdadero", tendríamos el Azimut del compás (AzC) en ese instante; ahora, si podemos calcular el Azv en aquel momento, podremos determinar el desvío para la proa que se navega, ya que la  $Vmg$  se conoce.

Pero, el horizonte verdadero no se ve, y el único horizonte visible es el del mar, luego el observador tendrá que utilizar el horizonte de la mar para demarcar el astro en el momento del orto u ocaso. Sin embargo, las tablas que dan la amplitud, han sido calculadas para el orto u ocaso con referencia al horizonte verdadero, luego al Azv que se deduzca de estas tablas de amplitud, habrá que hacerle la corrección necesaria para dejarlo reducido al Azv en el momento de la observación.

Veamos, primeramente, dónde ve el observador al sol en el momento que su centro cruza el plano del horizonte verdadero para una "elevación del ojo" igual "cero".

$$\begin{array}{rcl} Av \odot & = & 00^\circ \quad 00',0 \\ S/D \odot & = & -16,0 \\ & = & -00 \quad 16,0 \\ Ref. \odot & = & +32',0 \\ Ao \odot & = & 00^\circ \quad 16',0 \end{array}$$

De donde se deduce que el "ocaso verdadero" tiene lugar, cuando el limbo inferior está elevado aún, "un semidiámetro" sobre el horizonte de la mar.

| Rmg | Vmg   | Rv  | Error Giro | Rg  | Rmg | Rc    | $\Delta$ |
|-----|-------|-----|------------|-----|-----|-------|----------|
| 000 |       | 011 |            | 013 | 000 | 359   | +1,0     |
| 045 |       | 056 |            | 058 | 045 | 043,5 | +1,5     |
| 090 | 11° E | 101 | - 2°       | 103 | 090 | 087,5 | +2,5     |
| 135 |       | 146 |            | 148 | 135 | 133,5 | +1,5     |
| 180 |       | 191 |            | 193 | 180 | 181,0 | -1,0     |
| 225 |       | 236 |            | 238 | 225 | 226,5 | -1,5     |
| 270 |       | 281 |            | 283 | 270 | 272,5 | -2,5     |
| 315 |       | 326 |            | 328 | 315 | 316,5 | -1,5     |

II) AMPLITUD AL OCASO TEORICO. En trigonometría esférica se llega a la conclusión que, el cálculo del azimut verdadero al orto u ocaso verdadero en función de la amplitud, es más práctico, por ser fórmula independiente de los signos de los elementos que intervienen en ella, la Latitud y Declinación:

$$\text{Sen Ampl.} = \text{sen D sec L.}$$

lo que permitió tabularla en la tabla N° 27 de Bowditch, en la cual se ha hecho variar la Latitud desde 0° a 75° y la Declinación de 0° a 24° de medio en medio grado.

Si se observa la tabla N° 27 se verá:

a) Amplitud es "cero" cuando  $D = 0^\circ$  cualquiera que sea su Latitud.

b) La amplitud es igual a  $90^\circ$  cuando la Latitud es complemento de la Declinación.

c) La amplitud es igual a D cuando  $L = 0^\circ$

Demarcar el sol en el instante del orto u ocaso "verdadero" es difícil en la mar, y es por esto que, en la práctica se prefiere demarcarlo en el momento que el "centro del sol cruza el horizonte de la mar"; corrigiendo al Azv (que se deduce de la amplitud verdadera, sacada de la tabla N° 27), el valor de la variación que experimenta el astro al recorrer la distancia angular entre el ocaso verdadero y el momento de estar el centro del astro en el horizonte de la mar, obteniéndose el Azv en el momento indicado.

La Tabla N° 28 de Bowditch da este valor en el bien entendido que es al Azimut Verdadero; deducido directamente de la amplitud verdadera que da la tabla 27.

El signo que corresponde a la corrección que suministra la Tabla 28 es común para el sol, planetas y estrellas, como sigue:

En el caso de la Luna se aplica la "mitad y en sentido contrario".

|             |          |
|-------------|----------|
| ORTO en HN  | Negativo |
| OCASO en HS |          |
| ORTO en HS  | Positivo |
| OCASO en HN |          |

### 13.23 EJEMPLO DE CALCULO DE DESVIO POR AMPLITUD AL OCASO DEL SOL, USANDO TABLAS 27 Y 28 DE BOWDITCH.

En la  $L = 34^\circ 54' S.$ ,  $G = 72^\circ 40' W$  se demarcó el Sol al ocaso visible obteniendo  $Azc \odot = 283^\circ,5$  siendo la  $Vmg = 12^\circ,5 E.$  y  $D \odot = 22^\circ,8 N.$  Se pide el desvío.

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
| Tabla N° 27 | $D = 22^\circ,8 N$        |
|             | $L = 34^\circ,9 S$        |
|             | amp. V = W $28^\circ,2 N$ |
|             | Azv $\odot = 298^\circ,2$ |

|             |                  |
|-------------|------------------|
| Tabla N° 28 | co = $-0,6$      |
| Azv $\odot$ | = $297^\circ,6$  |
| Vmg         | = $12^\circ,5 E$ |
| Azmg        | = $285^\circ,1$  |
| Azco        | = $283^\circ,5$  |
| $\Delta$    | = $+ 1^\circ,6$  |

### 13.24 EJEMPLO DE CALCULO DE DESVIO CON ESTRELLA, POR AMPLITUD AL OCASO, USANDO TABLAS 27 Y 28 DE BOWDITCH.

En  $L = 40^\circ 02' N.$ ,  $G = 29^\circ 10' W$  se demarcó Sirius al ocaso visible con  $Azc = 265^\circ,5$   $Vmg = 15^\circ WD = 16,6 S.$  Se pide el desvío.

|             |                    |
|-------------|--------------------|
| Tabla N° 27 | $L = 40^\circ N$   |
|             | $D = 16^\circ,6 S$ |

|             |                           |
|-------------|---------------------------|
|             | Amp. V = W $21^\circ,9 S$ |
|             | Azv = $248^\circ,1$       |
| Tabla N° 28 | Co = $+0,6$               |
|             | Azv co = $248,7$          |
|             | Vmg = $+15,0 W$           |
|             | Azv mg = $263,7$          |
|             | Azco = $265,5$            |
|             | $\Delta = -1^\circ,8$     |

### 13.25 OTRA FORMA DE USAR LAS TABLAS N°s 27 Y 28.

En los ejemplos anteriores se han usado las Tablas N°s 27 y 28 aplicando la corrección al Azv, pero también se pueden usar aplicándola a la amplitud "observada" en el momento del ocaso. Es decir, reduciendo el Azimut del compás a la correspondiente amplitud. A esta amplitud se le aplica la corrección de la tabla 28 de acuerdo con las instrucciones que salen al pie de cada página y que dice: "Para el sol, un planeta o una estrella, aplicar la corrección a la amplitud observada en dirección contraria al polo elevado. Para la Luna



se aplica la mitad de la corrección hacia el polo elevado". Así se obtendrá la amplitud en el momento que el sol está en el horizonte verdadero. Esta amplitud la transformamos en Azc. El valor obtenido de la tabla 27 transformada en Azv lo corregimos de la Vmg y obtendremos el Az mg cuya diferencia con el Azc nos dará el desvío.

Hagamos el ejemplo anterior por este sistema.

|                     |                     |
|---------------------|---------------------|
| Azc ocaso =         | 265°,5              |
| Amp. ocaso =        | W 4,5 S             |
| Co. Tabla 28 =      | 0,6 S               |
| Amp. Horiz. Verd. = | W 5,1 S             |
| Azc. Horiz. Verd. = | 264°,9              |
| Amp. =              | W 21,9 S (Tabla 27) |
| Azv =               | 248,1               |
| Vmg =               | +15,0 W             |
| Azmg =              | 263,1               |
| Azc =               | 264,9               |
| $\Delta$ =          | -1°,8               |

### 13.26 CASO DE LA TABLA ROJA.

En el párrafo 13.05 vimos que, en la parte baja de la columna de ángulos en el zenit y en cada una de las páginas de esta tabla de azimut, viene una tabla adicional que junto con dar la H<sub>v</sub> del orto y ocaso verdadero del Sol, suministra el ángulo en el zenit es ese instante.

Si este ángulo en el zenit lo convertimos en azimut verdadero y a éste le aplicamos la corrección de la Tabla 28, tendremos el Azv correspondiente al ocaso visible.

Hagamos el ejemplo del párrafo 13.23. Un buque en latitud 34° 54' S. G 72° 40' W. se demarcó el sol al ocaso visible obteniendo Azc  $\odot$  = 283°,5 siendo la Vmg = 12°,5 E. y la D o = 22°,8 N. se pide el desvío.

|                  |                |
|------------------|----------------|
| Tabla 71         | L = 34°,9 S    |
|                  | D = 22°,8 N    |
|                  | Z = S 118°,0 W |
| Azv $\odot$ =    | 298°,0         |
| Tabla 28. co =   | 0,6            |
| Azc $\odot$ Co = | 297°,4         |
| Vmg =            | -12,5 E        |
| Azmg $\odot$ =   | 284°,9         |
| Azc $\odot$ =    | 283°,5         |
| $\Delta$ =       | +1°,4          |

## CAPITULO XIV

### MAGNETISMO

#### Imanes y características - Teoría y Magnetismo Terrestre

##### Inclinación, Intensidad y Variación Magnética

##### Magnetismo Permanente, componentes, efectos y corrección

##### Magnetismo Inducido, parámetros, efectos y corrección

##### Desvío por cambio en latitud y magnetismo subpermanente

##### Efectos combinados de las causas de desvíos

##### Fuerza directriz y determinación de $\lambda$ ( ).

#### 14.00 IMANES Y CARACTERISTICAS.

Ciertas sustancias minerales y la piedra imán tienen la propiedad de atraer o repeler las partículas de hierro o acero. A estas sustancias se les llama "imán natural" y a la propiedad de atraer o repeler se le denomina "magnetismo".

Los imanes pueden confeccionarse y, entonces, se les llama imán artificial, siendo sus propiedades idénticas al imán natural.

Los imanes artificiales se manufacturan a base de una cierta clase de acero al que se le agrega tungsteno.

El magnetismo puede ser dado:

- Por frotamiento con un imán natural o artificial.
- Por percusión dentro de un campo magnético.
- Por corriente eléctrica hecha pasar a través de un solenoide.

Existen además del hierro y acero otras materias que son atraídas en menor grado por un imán y son también susceptibles de magnetización, por ello se les denomina "cuerpos magnéticos".

Hay en un imán dos puntos que deben ser especialmente considerados: uno cerca de cada extremo, en el cual la atracción es máxima. Cercano a su medianía el efecto de atracción es "cero" (plano neutro).

Estos puntos están a un doceavo del largo de sus extremos, y son los que se denominan "polos del imán"; la línea que los une es el eje magnético.

Un imán suspendido con su eje magnético horizontal y libre de girar sobre un eje vertical, tomará una dirección definida, aproximadamente, Norte-Sur, magnético. El extremo que mira o apunta hacia el Norte, se le denomina "polo norte del imán" y se le asigna el color "rojo". Al extremo que apunta hacia el Sur se denomina "polo sur del imán", asignándole el color "azul".



En un imán no puede existir un solo polo. Siempre estará presente el polo norte y el sur, tanto es así, que si un imán se quiebra, cada parte forma otro imán separadamente.

La aguja de un compás magnético es un imán artificial, suspendida en tal forma que su centro de gravedad queda por debajo del centro de suspensión; con ello se obtiene que la aguja esté constantemente horizontal y siempre su extremo norte (rojo) apunta hacia el Norte magnético de la tierra.

Si colocamos un imán cerca de una aguja de compás, tal como la que muestra la figura 14.00, podremos comprobar que el extremo rojo del imán atraerá el polo azul de la aguja, al mismo tiempo que el rojo del imán repele al rojo de la aguja. Esto obedece a la ley fundamental del magnetismo que dice: "Polos de nombre contrario se atraen y del mismo nombre se repelen".

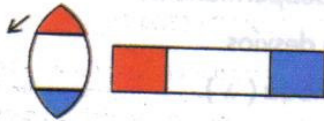


Figura 14.00

La cantidad de magnetismo que puede adquirir un cuerpo no es indefinido. Tiene un límite hasta cierta cantidad llamada "Saturación". También se ha establecido que el magnetismo se pierde gradualmente con el tiempo, siendo esta disminución muy lenta, aunque actualmente los imanes artificiales tienen características retentivas muy grandes, por lo que la pérdida de magnetismo es muy reducida.

Otra característica de los imanes es que si lo calentamos, pierde su fuerza magnética hasta llegar a perderla totalmente cuando se le calienta al rojo cereza. Si lo volvemos a enfriar, vuelve a ser cuerpo magnético, pero ha perdido el magnetismo que tenía.

Si sometemos un imán o un cuerpo magnético a enfriamiento; éste, no pierde sus características magnéticas. En cambio las vibraciones alteran el magnetismo, aumentándolo o disminuyéndolo de acuerdo con las circunstancias.

Las propiedades de los imanes son permanentes en todas partes del mundo, cualquiera que sea la dirección en que se les coloque.

#### 14.01 CAMPO MAGNETICO.

Se llama campo magnético, la superficie que está bajo la influencia de un imán. El campo magnético está formado por "líneas de fuerzas" que salen del polo norte (rojo) y entran por el polo sur (azul). La figura 14.01 nos ilustra al respecto.

#### 14.02 INDUCCION.

Si colocamos un trozo de fierro en contacto con un polo de un imán o cerca de él, este fierro se magnetizará y adquirirá las propiedades de un imán. A esto se le llama magnetismo por inducción. El extremo del fierro cercano al imán adquiere polaridad contraria a la del extremo del imán, siguiendo la ley fundamental del magnetismo, polos de nombre contrario se atraen y los polos del mismo nombre se repelen. Así, si colocamos un cuerpo magnético cerca del polo norte de un imán, la parte cercana al imán forma un polo sur por inducción y es atraído por éste. En la

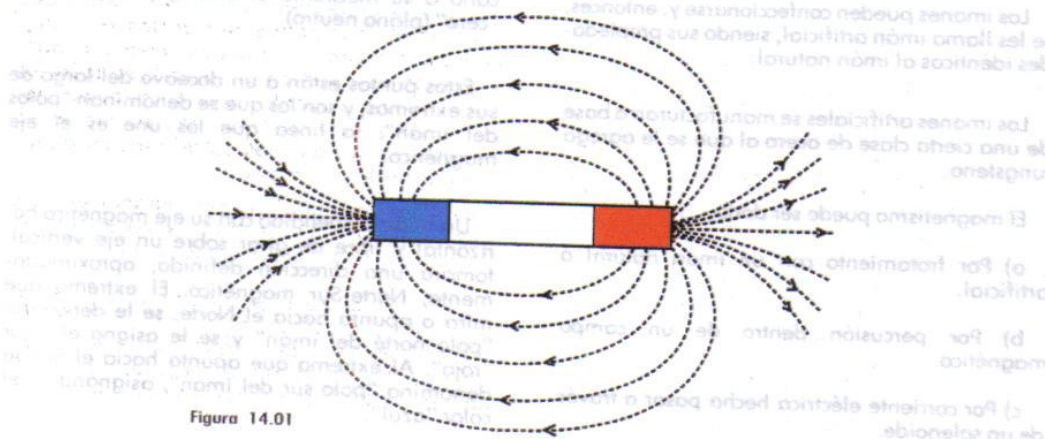


Figura 14.01



parte más alejada se forma un polo norte por inducción y será repelido por el polo norte del imán. Cuando el trozo de hierro es retirado del campo magnético del imán, pierde las propiedades que había adquirido. La figura 14.02 nos muestra un cuerpo magnético dentro de un campo magnético.

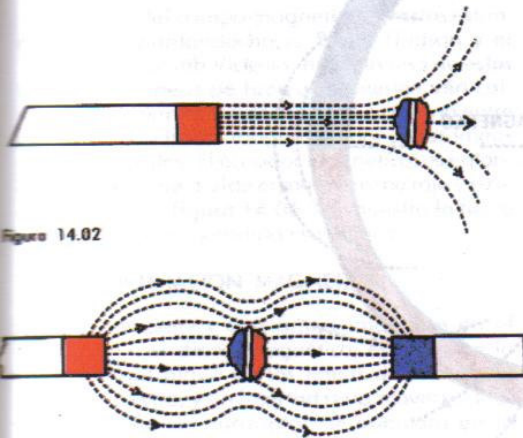


Figura 14.02

#### 14.03 PERDIDA POR PERMEABILIDAD.

Un lugar rodeado de hierro o acero, como es el caso de un buque, contiene sólo un pequeño porcentaje de las líneas de fuerza originales producidas por el magnetismo terrestre, debido a que una gran parte de ellas se van por el casco, por el hierro o acero existente; este efecto, llamado permeabilidad, disminuye la fuerza directriz en los compases de a bordo, y más aún en aquellos instalados bajo cubierta. Este efecto está mostrado en la figura 14.03.

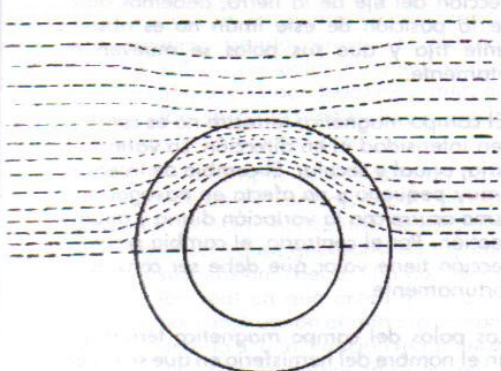


Figura 14.03

#### 14.04 TIPOS DE FIERRO.

Los fierros y aceros colocados dentro de un campo magnético pueden dividirse en tres clases o tipos de acuerdo con sus reacciones:

1) Los que se magnetizan inmediatamente. A esta clase pertenecen los fierros dulces o blandos y se dice que reciben el magnetismo por inducción; perdiéndolo inmediatamente que se saca del campo magnético.

2) Aquellos que gradualmente se van magnetizando y una vez saturados lo conservan indefinidamente. A este tipo corresponden los fierros duros o aceros y se dice que reciben magnetismo permanente.

3) Aquellos que actúan como fierros dulces o como fierros duros de acuerdo con las circunstancias. Este tipo se denomina hierro intermedio y se dice que reciben magnetismo subpermanente.

#### 14.05 TEORIA DEL MAGNETISMO.

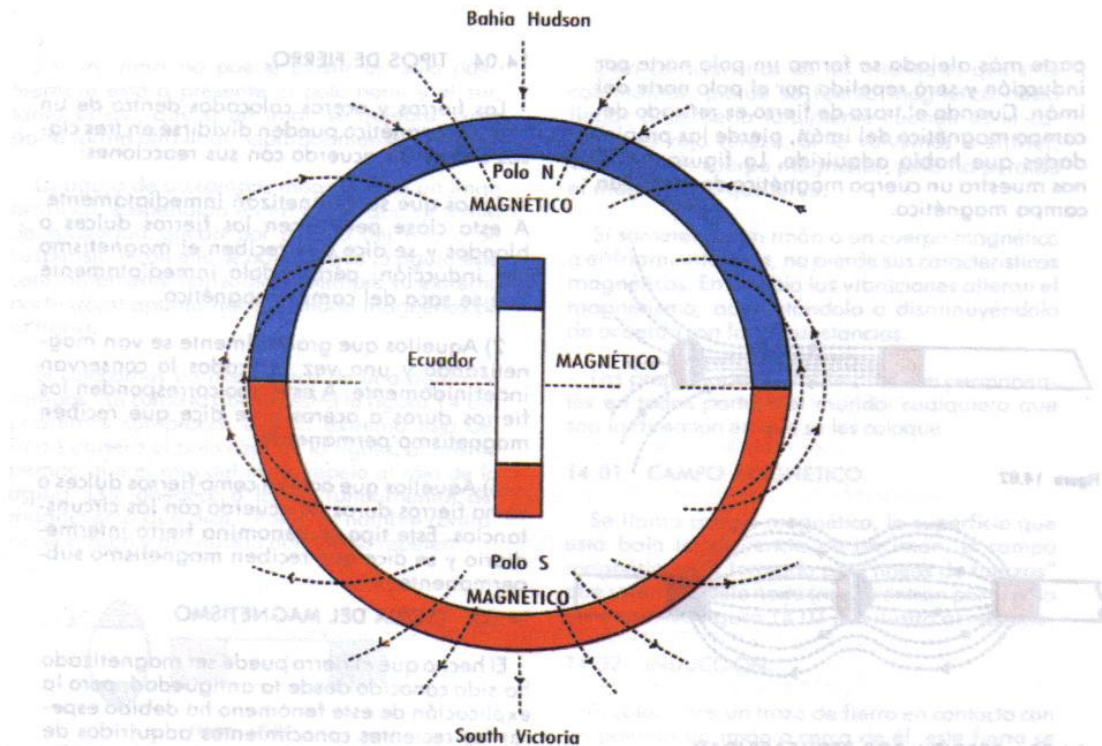
El hecho que el hierro puede ser magnetizado ha sido conocido desde la antigüedad, pero la explicación de este fenómeno ha debido esperar los recientes conocimientos adquiridos de la estructura atómica. De acuerdo a esta teoría, el campo magnético alrededor de un conductor con corriente y el magnetismo de un imán permanente, son el mismo fenómeno; es decir, son campos creados por cargas eléctricas en movimiento. Esto ocurre ya sea que la carga está moviéndose a lo largo de un conductor, o fluyendo en la masa ígnea interior de la Tierra, o circundando la Tierra a gran altura como un flujo de partículas cargadas, o girando alrededor del núcleo de un átomo.

Ha sido recientemente comprobado que existe en el hierro y otras sustancias ferromagnéticas, regiones microscópicamente pequeñas llamadas "dolmenes". En cada dolmén, los campos creados por electrones girando alrededor de sus núcleos atómicos son paralelos entre sí, siendo la causa que el dolmén sea magnetizado hasta la saturación.

En un pedazo de hierro con magnetismo los dolmenes están dispuestos en direcciones desordenadas unos con respecto a otros.

Si la sustancia es colocada en un campo magnético débil, los dolmenes giran un poco hacia la dirección de este campo. Aquellos dolmenes que están prácticamente casi paralelos al campo aumentan en tamaño a expensas de los que se





encuentran menos paralelos. Si el campo se hace suficientemente fuerte, todos los dolmenes giran súbitamente a fin de quedar paralelos al llamado "eje cristal", que es el eje imaginario más cercanamente paralelo a la dirección del campo. Si la fuerza del campo sigue aumentando hasta un cierto valor dependiente de las condiciones individuales, todos los dolmenes giran colocándose paralelos al campo; en estas condiciones se dice que el hierro está magnéticamente "saturado".

Si se saca el campo magnético, los dolmenes tienen una tendencia a girar más o menos rápidamente hacia una dirección más paralela a algún "eje cristal", siendo este giro más lento a direcciones desordenadas, bajo la influencia de agitación térmica.

#### 14.06 MAGNETISMO TERRESTRE.

La tierra actúa como un gran imán esférico. Muchas teorías han tratado de mostrar el carácter de este magnetismo, pero todas han fallado al

constatar su inconsistencia como alguno de los factores observados. No existe, hasta el momento, ninguna aceptable; sin embargo, se observan los efectos de su campo magnético y debemos imaginarnos que el centro de ella tiene un poderoso imán apuntando con su eje mayor en la dirección del eje de la tierra; debemos admitir que la posición de este imán no es absolutamente fija y que sus polos se mueven muy lentamente.

El campo magnético terrestre no es constante, ni en intensidad ni en dirección. La variación es diaria, anual y secular. El cambio de intensidad es muy pequeño y no afecta en navegación. Lo mismo ocurre con la variación diaria y anual en dirección. Por el contrario, el cambio secular en dirección tiene valor que debe ser considerado oportunamente.

Los polos del campo magnético terrestre, toman el nombre del hemisferio en que se encuentran, o sea polo Norte y Sur magnético. Si observamos una aguja de compás vemos que su ex-



tremo Norte o rojo, apunta hacia el polo norte magnético terrestre; lo que iría contra la ley fundamental del magnetismo que dice: que los polos del mismo nombre se repelen y de nombre contrario se atraen, esto nos indica la razón por la cual el Hemisferio Norte tiene, polaridad azul y el Hemisferio Sur polaridad roja.

Los polos del campo magnético terrestre están: el "azul" apuntando hacia Bahía Hudson y el "rojo" hacia South Victoria; en cada uno de estos lugares las líneas de fuerzas convergen verticalmente. Aproximadamente a medio camino entre ellos está el ecuador magnético, donde las líneas son horizontales. El ecuador magnético, es entonces, la línea que divide el magnetismo rojo y azul de la tierra, la figura 14.06 nos muestra la tierra con su polaridad y campo magnético.

#### 14.07 INCLINACION MAGNETICA.

Si suspendemos una aguja imantada en el plano del meridiano magnético; es decir, en la dirección del plano de las líneas de fuerza del campo terrestre, y en libertad para moverse alrededor de un eje horizontal, se orientará en la dirección de la fuerza magnética y estará bajo la influencia de la intensidad total del magnetismo de ese lugar. A la aguja imantada así suspendida se le denomina "aguja de inclinación". Esta aguja en el ecuador magnético se mantiene horizontal; pero si se traslada hacia el Norte o hacia el Sur de él, la inclinación aumenta de acuerdo con el aumento en latitud magnética, hasta colocarse vertical en los polos magnéticos. En el Hemisferio Norte el extremo Norte o rojo de la aguja apuntará hacia abajo y en el hemisferio Sur hacia arriba.

El ángulo entre la horizontal y la dirección que toma la aguja de inclinación, en un lugar cualquiera, es lo que se denomina "ángulo de inclinación" o "inclinación magnética" y varía con la latitud magnética; siendo cero en el ecuador magnético y  $90^\circ$  en los polos magnéticos. Las líneas que en una carta unen todos los puntos de igual inclinación se denominan "líneas isoclinas" o de igual latitud magnética.

La aguja de un compás está construida para girar alrededor de un eje vertical, es por esto que se mantiene en posición horizontal. Se consigue esto, dejando el centro de gravedad por debajo del centro de suspensión. Luego, ella no nos indica la dirección real en que actúa el magnetismo, ya que por construcción elimina la componente vertical debido a la inclinación magnética, dejando que actúe sólo la componente horizontal del magnetismo terrestre, entonces tenemos que la componente horizontal será la "fuerza directriz" del compás.

#### 14.08 INTENSIDAD DE LAS LINEAS DE FUERZAS TERRESTRE.

Las líneas de fuerza del campo magnético terrestre tienen su poder máximo en las cercanías de los polos magnéticos, pero la fuerza horizontal la tiene en las cercanías del ecuador magnético. En cualquier otro punto intermedio, la línea de fuerza total se descompone en:

- Una componente vertical llamada Z.
- Una componente horizontal llamada H.

A medida que la latitud magnética aumenta, la componente horizontal H va decreciendo, en consecuencia la fuerza directriz que mantiene a la aguja de un compás en el meridiano magnético, irá disminuyendo. En las vecindades de los polos magnéticos la componente horizontal H es cero y el compás magnético no se orienta.

Supongamos un lugar A, mostrado en la figura 14.08, con una línea de fuerza total T, a un ángulo de inclinación  $\Theta^\circ$ , de ella se deduce:

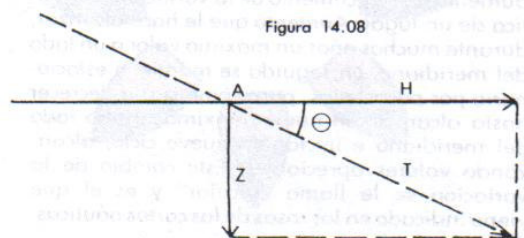


Figura 14.08

- H = Componente Horizontal.  
 Z = Componente Vertical.  
 T = Línea de fuerza total.  
 $\Theta$  = Ángulo de inclinación.

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{Z}{H}$$

$$Z = T \operatorname{sen} \Theta$$

$$H = T \cos \Theta$$

Existen cartas que dan los valores magnéticos de H, Z y  $\operatorname{tg} \Theta$ . Téngase muy presente que Z cambia de signo, siendo costumbre darle signo positivo en el H.N. y negativo en el H.S.

Las líneas que en las cartas unen los puntos de igual intensidad magnética, se denominan "líneas isodinámicas".



#### 14.09 VARIACION MAGNETICA. (ver párrafo 4.13).

Toda aguja imantada, suspendida en un lugar libre de perturbaciones magnéticas extrañas al magnetismo terrestre, se orienta en el meridiano magnético. El ángulo horizontal entre el meridiano verdadero o del lugar y el meridiano magnético es lo que se llama "variación o declinación magnética".

La variación se denomina "Este" cuando el extremo norte del meridiano magnético se sitúa a la derecha del meridiano del lugar y "Weste" en caso contrario.

Las líneas que en las cartas unen los puntos de igual variación magnética se llaman "líneas isogónicas".

#### 14.10 CAMBIOS EN LA VARIACION MAGNETICA.

Como la dirección del campo magnético terrestre no es constante, la variación estará sujeta a cambios. Consiste este cambio, en un constante aumento o decrecimiento de la variación magnética de un lugar. Aumento que le hace alcanzar, durante muchos años un máximo valor a un lado del meridiano, en seguida se mantiene estacionario por pocos años, para comenzar a decrecer hasta alcanzar un nuevo máximo al otro lado del meridiano e iniciar un nuevo ciclo, alcanzando valores apreciables. Este cambio de la variación se le llama "secular" y es el que viene indicado en las rosas de las cartas náuticas. Por ejemplo:

Var 11° 24' E. (1978) Decrece anual 2'.

Durante el día y en el año, se producen ligeras alteraciones en la variación magnética normal, llamándoseles cambio diurno y anual respectivamente, pero son tan pequeños que ellos no son considerados en la práctica de la navegación.

Las tormentas eléctricas causan grandes cambios temporarios en la variación magnética. En las altas latitudes ellas son comúnmente acompañadas por auroras boreales. La luna, planetas y manchas solares pueden también causar pequeños cambios temporarios.

#### 14.11 PUBLICACIONES QUE INDICAN LA VARIACION MAGNETICA E INTENSIDAD.

El SHOA edita cartas especiales que indican los diferentes valores magnéticos, cuyos datos son los que siempre debe emplear el navegante en los cálculos de rumbo, desvíos, compensación de compases, etc.

Estas cartas, que abarcan toda la costa W. y E. de América del Sur y el Territorio Chileno Antártico, son las siguientes:

- a) Variación Magnética.
- b) Intensidad Horizontal de la Fuerza Magnética Terrestre.
- c) Intensidad Vertical de la Fuerza Magnética Terrestre.

Tal como se mencionó en el Capítulo II, las rosas de las cartas náuticas también traen el valor de la Variación Magnética y su cambio anual, sin embargo deberá primar la indicación de las cartas isogónicas e isodinámicas.

Para otras regiones de la Tierra, se recomienda consultar las cartas especiales que edita el Defense Mapping Agency Hydrographic Topographic Center de EE.UU. de América.

#### 14.12 PERTURBACIONES LOCALES.

En ciertas áreas existen minerales y rocas magnéticas naturales, las que producen perturbaciones en los compases de los buques que navegan en sus inmediaciones. Informaciones concernientes a estas localidades, donde las precauciones deben extremarse, vienen en los derroteros, y las cartas traen una pequeña observación en un lugar destacado.

Los cascos de buques hundidos pueden causar un disturbio magnético local, produciendo una perturbación momentánea en los compases de los buques.

#### 14.13 MAGNETISMO DE UN BUQUE.

El fierro y acero usado para construir un buque está dividido magnéticamente en tres tipos:

1º) Los fierros duros o aceros que adquieren magnetismo permanente.

2º) Los fierros dulces o blandos que se magnetizan por estar dentro del campo magnético terrestre; magnetismo que hemos denominado "magnetismo inducido", el que depende íntegramente de la dirección en que se navegue y de la posición geográfica del momento. Si las líneas de fuerza terrestre fueran eliminadas, este magnetismo desaparecería junto con ellas.

3º) Los fierros intermediarios, que retienen parte del magnetismo por algún tiempo, que se denomina sub-permanente, el que depende de:



- a) De la dirección de la proa del buque.
- b) De la posición geográfica del buque en ese momento.
- c) De las condiciones en que ha estado el buque; tanto en dirección como en vibraciones.

En todo momento las agujas de un compás están bajo la influencia:

- 1) De la fuerza directriz terrestre.
- 2) Del magnetismo permanente del buque.
- 3) De la inducción magnética del buque que depende de la dirección de su proa y de la posición geográfica.
- 4) Del magnetismo sub-permanente del buque, que depende de la dirección de éste al ir de un punto a otro y de las vibraciones, las que cambian constantemente en cantidad.

El efecto combinado de todas las fuerzas indicadas anteriormente, fijan la rosa de un compás en una dirección que difiere de la del meridiano magnético en un ángulo llamado "Desvío".

Si el extremo de la rosa que indica el norte se sitúa al Este del meridiano magnético, se dice que el desvío es Este y recibe signo positivo (+); en cambio si se sitúa al Oeste, se dice que el desvío es Oeste y recibe signo negativo (-).

#### 14.14 MAGNETISMO PERMANENTE DE UN BUQUE.

El buque mientras está en construcción, se emplean diversas clases de aceros y está siendo sometido al constante martilleo, remachaduras de planchas y demás piezas integrantes que forman su casco y, como en las gradas permanece inmóvil, siempre en una misma dirección, sometido a la influencia del campo magnético terrestre, resulta que, poco a poco, va imantándose y llega a convertirse en un verdadero imán permanente, con un magnetismo rojo en aquella parte que estaba más hacia el norte magnético mientras se construía y, un magnetismo azul en la opuesta. El magnetismo permanente así adquirido depende de tres condiciones:

- 1º) De la dirección magnética de la proa mientras el buque está en las gradas.
- 2º) De la inclinación que tengan las líneas de fuerzas totales del magnetismo terrestre.

3º) De la intensidad del campo magnético terrestre en el lugar de construcción.

Así tenemos que; si se contruye un buque con proa norte magnético, tendrá magnetismo rojo en la parte de proa y magnetismo azul en la de popa:

La figura 14.14 muestra las partes que comprenden el magnetismo permanente, rojo y azul, de buques contruidos a diferentes proas magnéticas. "Las líneas de fuerzas establecen el azul por donde entran y el rojo por donde salen".

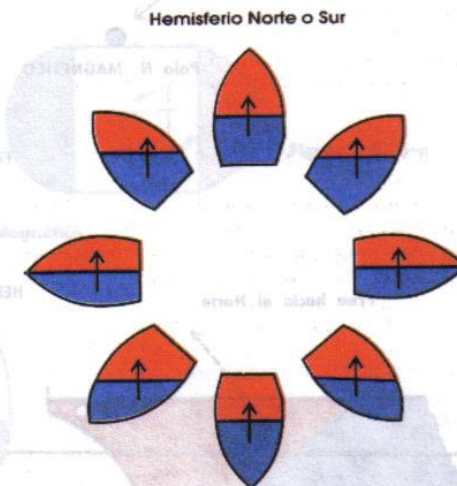


Figura 14.14

Por consiguiente, cada buque tiene un campo magnético permanente. La dirección de las líneas de fuerzas de este campo la determina el ángulo entre el meridiano magnético y la quilla del buque en las gradas de construcción. Una vez que el buque se hace a la mar, la dirección relativa de las líneas de fuerzas de este campo, con relación a la quilla, permanece constante para todos los rumbos del buque.

El plano de división entre el magnetismo rojo y azul de un buque es la normal al ángulo de inclinación, tal como lo muestra las figuras 14.14-a y 14.14-b.

Cuando se termina la construcción de un buque, su campo magnético tiene una cierta intensidad, la que por cierto período, decrece lentamente hasta alcanzar un valor prácticamente permanente o constante.



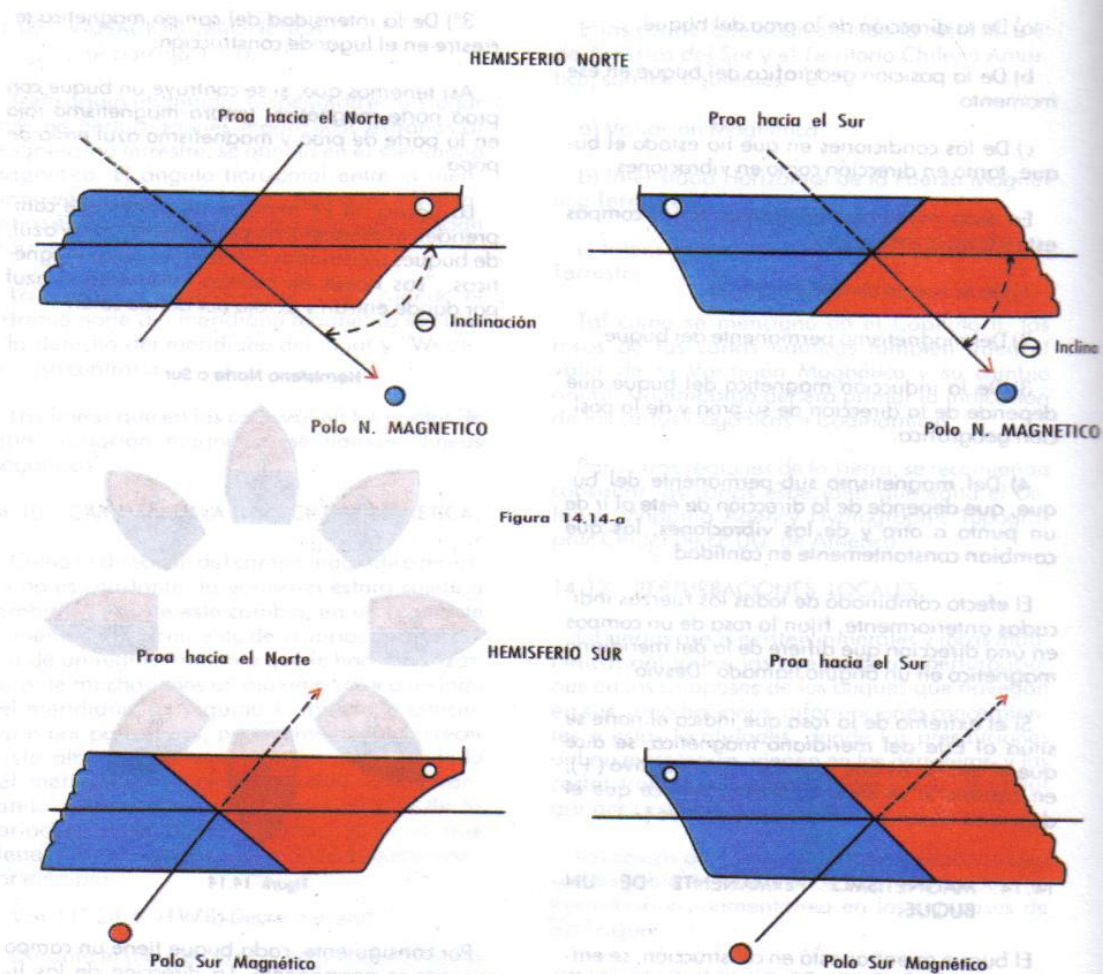


Figura 14.14-a

Figura 14.14-b

Consideremos, ahora, el efecto que produce el campo magnético del magnetismo permanente en las agujas del compás.

Si fuera posible colocar en el casco del buque un gran imán en la misma posición que tiene el magnetismo permanente, de igual fuerza y con polos cambiados, estaría resuelta la anulación de la influencia perturbadora debida a esta causa; pero como eso no es posible, es necesario descomponer este magnetismo en tres componentes, que actúen en ángulo recto con el efecto

del magnetismo permanente del buque, estudiar los efectos que produce cada una y tratar de anular sus efectos separadamente:

Las componentes son:

"P". Componente Longitudinal.

"Q". Componente Transversal.

"R". Componente Vertical.

Veremos separadamente el efecto de cada componente sobre el compás y la manera de anularla.





hay desvío, solo habrá una disminución de la fuerza directriz de la aguja; debido a que las líneas de fuerzas de "P" tratan de repelerla en el meridiano magnético.

Cuando el buque navega a la proa Este del compás, el rojo de la aguja será atraído por el azul que tiene la popa y se desviará al Weste, produciendo el desvío máximo por estar en ángulo recto con la componente -P.

Cuando el buque lleva proa al Sur del compás, la aguja estará nuevamente en línea con la componente, produciendo sólo un aumento de la fuerza directriz.

Cuando el buque navegue al W. del compás, tendremos nuevamente un máximo de desvío, pero al Este.

Si con estos desvíos obtenidos a las proas del compás, construimos una curva como la mostrada en la figura 14.15-c "podremos ver que el desvío varía de acuerdo con el seno del rumbo del compás" ( $\Delta = P \text{ sen } R_c$ ). El desvío debido a "P" es igual y opuesto en semicírculos opuestos, de aquí su nombre de "semicircular".

#### 14.16 CORRECCION DE "P".

El efecto de "P" se contrarresta, colocando imanes permanentes longitudinales en la bitácora que produzcan un "P" artificial de signo contrario. Como no es posible colocarlos directamente bajo las agujas debido a que en esa posición está el tubo de escora, los imanes longitudinales se colocan paralelamente a ambos lados y el efecto final, por ubicarlos de esta manera, es similar al que se obtendría si fueran al centro y abajo. Inducen además, a ambas esferas por igual.

La figura 14.16 nos muestra el efecto de un "-P" en la rosa de un compás y su eliminación, colocando ambos imanes longitudinales con el AZUL a PROA para producir un +P artificial que contrarrestará el efecto de -P.

Si el buque tuviera un +P, este produciría un desvío semicircular similar al anterior, pero de signos opuestos, y en este caso se corregiría con imanes longitudinales con AZUL a POPA que contrarrestarán el efecto de +P.

#### 14.17 COMPONENTE TRANSVERSAL "Q".

La componente transversal llamada "Q"; puede ser:

Positiva (+) cuando el extremo rojo de la aguja es atraída hacia ESTRIBOR. (Fig. 14.17-a).

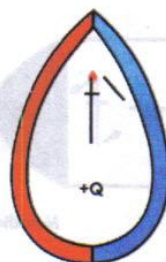


Figura 14.17-a



Figura 14.17-b

Negativa (-) cuando el extremo rojo de la aguja es atraída hacia BABOR (Fig. 14.17-b).

Luego a un +Q corresponde AZUL a ESTRIBOR.

Y a un -Q corresponde AZUL a BABOR.

Un buque puede salir de las gradas de construcción con un Azul a Estribor (+Q); o bien con un Azul a Babor (-Q) lo que depende de la orientación que haya tenido en ella. Si su proa ha estado comprendida en el semicírculo del Este, tendrá un "+Q"; en cambio si ha estado en la del Weste, tendrá un "-Q".

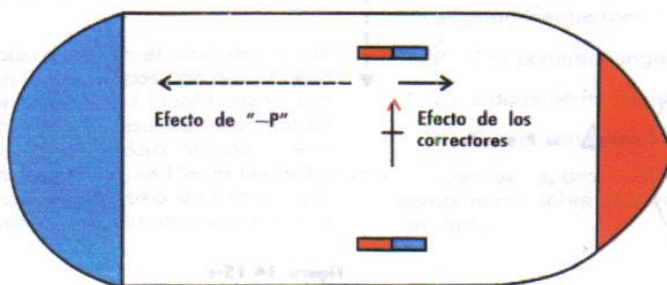


Figura 14.1b

Analizando el caso de "+Q" en la figura 14.17-c, vemos que:

a) Tiene sus desvíos máximos a las proas N. y S. del compás, es decir, cuando está en ángulo recto con las agujas.

b) No produce desvíos a los rumbos E. y W.; es decir, cuando está en una línea con las agujas, disminuyendo o aumentando la fuerza directriz.

c) Si construimos una curva con los desvíos debido a "Q", máximo a las proas del compás N. y S. y cero a las E. y W., "vemos que el desvío debido a esta componente, varía con el coseno del rumbo del compás": ( $\Delta = Q \cos Rc$ ).

d) El desvío debido a "Q" es igual y contrario en semicírculos opuestos, de aquí su nombre de "semicircular":

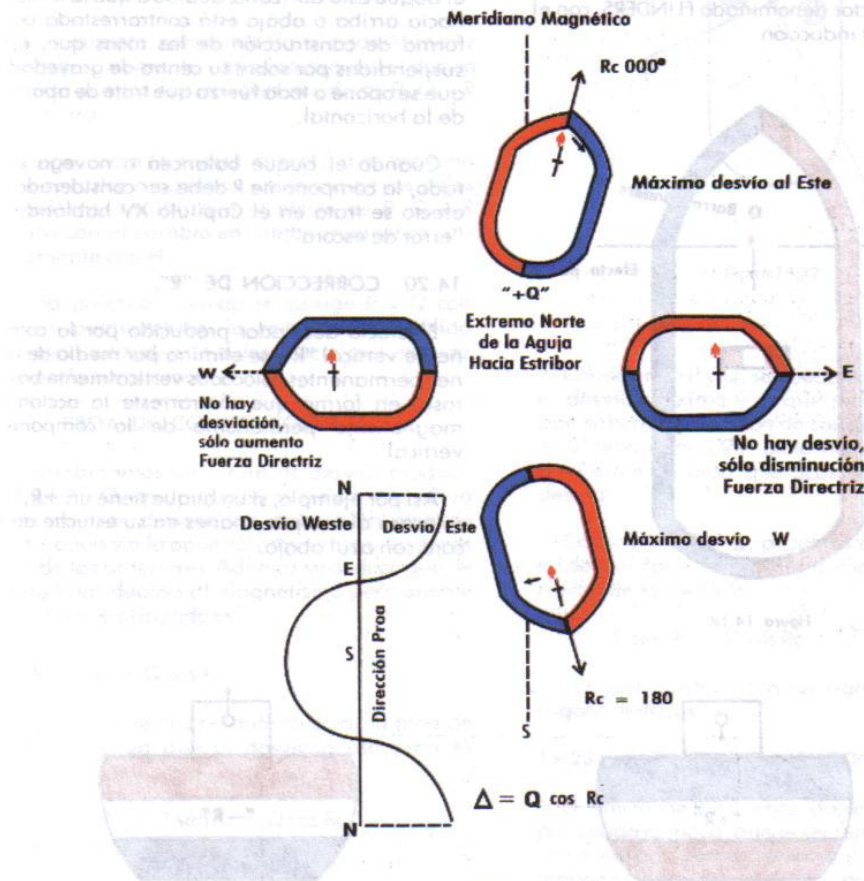


Figura 14.17-c



#### 14.18 CORRECCION DE "Q".

El efecto desviador producido por la componente transversal "Q", se corrige por medio de imanes permanentes transversales que producen un "Q" artificial de signo contrario, para que contrarreste al que tiene el buque.

En consecuencia, un buque que tenga un "+Q", se le colocará imanes permanentes transversales con el AZUL a babor, tal como se indica en la figura 14.18. Un buque con "-Q", también tiene una desviación semicircular, pero con signos opuestos, los que se anularán, colocando imanes transversales con el AZUL a estribor.

Los imanes permanentes para anular los efectos de un "Q", se colocan generalmente a popa de las agujas y siempre en el lado opuesto del que va el corrector denominado FLINDERS, con el objeto de evitar inducción.

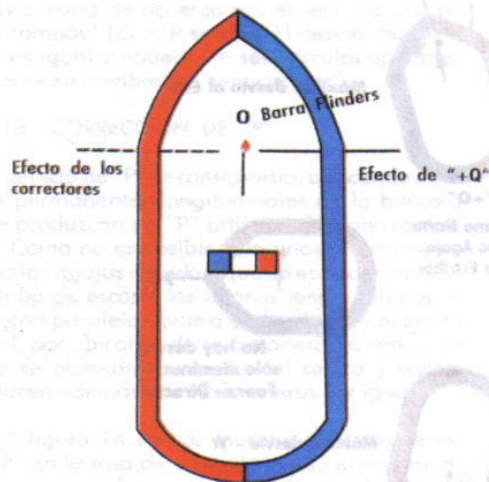


Figura 14.18

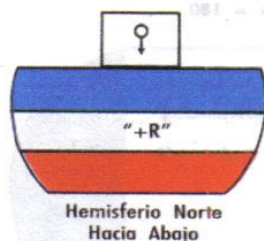


Figura 14.19-a

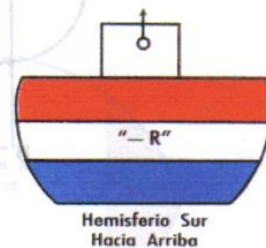


Figura 14.19-b

#### 14.19 COMPONENTE VERTICAL "R".

La componente vertical llamada "R" puede ser:

Positiva cuando el extremo rojo de la aguja es atraído hacia ABAJO (Fig. 14.19-a) y negativa cuando el extremo rojo de la aguja es atraído hacia ARRIBA (Fig. 14.19-b).

Luego a un +R corresponde AZUL ABAJO.

Y a un -R corresponde AZUL ABAJO.

Los buques construidos en el Hemisferio Norte tienen un "azul" en cubierta. Los construidos en el Hemisferio Sur tienen un rojo en cubierta.

La componente "R" no altera el desvío cuando el buque está adrizado, debido a que la atracción hacia arriba o abajo está contrarrestada por la forma de construcción de las rosas que, están suspendidas por sobre su centro de gravedad, lo que se opone a toda fuerza que trate de apartarla de la horizontal.

Cuando el buque balancea o navega escorado, la componente R debe ser considerada. Su efecto se trata en el Capítulo XV hablando del "error de escora".

#### 14.20 CORRECCION DE "R".

El efecto desviador producido por la componente vertical "R", se elimina por medio de imanes permanentes colocados verticalmente bajo la rosa, en forma que contrarreste la acción del magnetismo permanente de la componente vertical.

Así por ejemplo, si un buque tiene un +R, se le colocará al compás imanes en su estuche de escora con azul abajo.

El procedimiento y forma detallada de corregir este desvío llamado "ERROR DE ESCORA", se indica en el Capítulo XV.

#### 14.21 EFECTO DEL CAMBIO EN LATITUD MAGNÉTICA EN LOS DESVIOS CAUSADOS POR P-Q-R.

Siendo constante el magnetismo permanente de un buque, las fuerzas correspondientes a P, Q y R debieran permanecer constantes; pero sus efectos sobre las agujas del compás dependen de las otras fuerzas que actúan en la aguja. La mayor influencia es la debida a las líneas de fuerza del campo magnético terrestre, pero como la rosa está diseñada para permanecer prácticamente horizontal, solamente la fuerza horizontal H (fuerza directriz de la tierra en la aguja) debe ser considerada.

Teóricamente, si H aumenta, el poder directriz de la aguja aumenta y en consecuencia el desvío causado por las fuerzas perturbadoras P, Q y R disminuirá.

Ahora, como la fuerza directriz H es máxima en el ecuador magnético y mínima en los polos magnéticos, resulta que el efecto de P, Q y R variará con el cambio en latitud magnética, inversamente con H.

En la práctica, cuando se corrige P y Q con imanes permanentes, la corrección es válida para toda latitud; esto quiere decir, que una vez eliminado no aparece.

#### 14.22 PROA DE CONSTRUCCION.

Si combinamos las curvas de desvíos producidos por P y Q, de un buque, se tendrá una curva en la que los desvíos son nulos a la proa de construcción y a la opuesta y máximos a las proas a 90° de las anteriores. Además se deduce que, el desvío total debido al magnetismo permanente de un buque adrizado es:

$$\Delta = P \sin R_c + Q \cos R_c$$

Expresión que nos permite calcular la proa de construcción, ya que el desvío a esa proa es "cero", luego

$$\begin{aligned} 0^\circ &= P \sin R_c + Q \cos R_c \\ P \sin R_c &= -Q \cos R_c \\ \frac{\sin R_c}{\cos R_c} &= \frac{-Q}{P} \therefore \operatorname{tg} R_c = \frac{-Q}{P} \end{aligned}$$

fórmula que nos da la proa magnética de construcción, donde  $R_c$  podría estar en el 1°, 2°, 3° o 4° cuadrante, situación que quedará aclarada con la colocación de P y Q.

Por ejemplo + P y - Q. (Fig. 14.22).

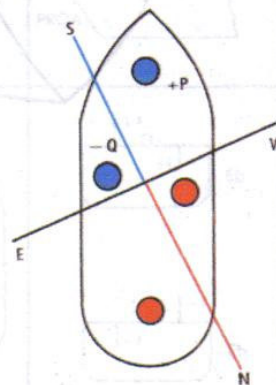


Figura 14.22

Conociendo P y Q, se puede determinar cuál es el desvío máximo y, a qué proa ocurre, puesto que sabemos a la proa de construcción el desvío = 0°, entonces a 90° de la proa de construcción tendremos la proa que acusará el máximo de desvío.

Conociendo P y Q, podemos deducir además, el desvío correspondiente a cualquier proa por medio de la fórmula:

$$\Delta = P \sin R_c + Q \cos R_c$$

Téngase cuidado con los signos de las líneas trigonométricas.

#### 14.23 MAGNETISMO INDUCIDO.

El efecto de los fierros dulces de un buque, para cada compás, puede ser representado gráficamente por nueve fierros dulces, imaginarios redondos que tengan largo, pero no grosor. A estos fierros dulces se les denomina "PARAMETROS" y su posición se muestra en la figura 14.23.



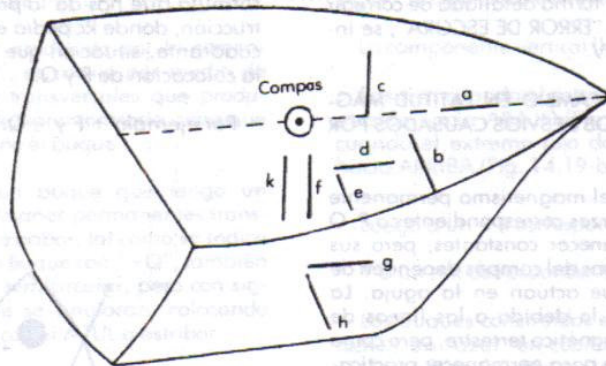


Figura 14.23

|                  | Longi-<br>tudinal | Trans-<br>versal | Vertical |
|------------------|-------------------|------------------|----------|
| Proa o Popa      | a                 | b                | c        |
| Estribor o Babor | d                 | e                | f        |
| Arriba o Abajo   | g                 | h                | k        |

Los parámetros más importantes son los que forman las diagonales del cuadro arriba indicado. (a, e, k, c y g).

#### 14.24 VALOR Y SIGNOS DE LOS PARAMETROS.

El valor de los parámetros está en proporción con la fuerza magnética terrestre que ellos representan en el compás, cuando están saturados de inducción. Es decir, que la fuerza que ejerce el parámetro "a", saturado de magnetismo inducido, sobre un compás de un buque adrizado, será "a" H; en cambio en un parámetro "c" (que es vertical), en las mismas condiciones, ejercerá una fuerza igual "c" Z.

Todos los parámetros pueden ser de dos tipos: más (+) o menos (-). Los que están a:

|                  |                             |
|------------------|-----------------------------|
| ESTRIBOR Y PROA  | son del tipo + (positivos). |
| PROA Y ABAJO     |                             |
| ABAJO Y ESTRIBOR |                             |

Todos los demás, incluyendo los que pasan a través del centro del compás son negativos (-).

El signo de cada parámetro no indica el signo del desvío que produce; el signo tal como la letra, indica la posición que tiene el fierro, respecto al compás. La figura 14.24 muestra las posiciones de los nueve parámetros que pueden afectar a un compás.

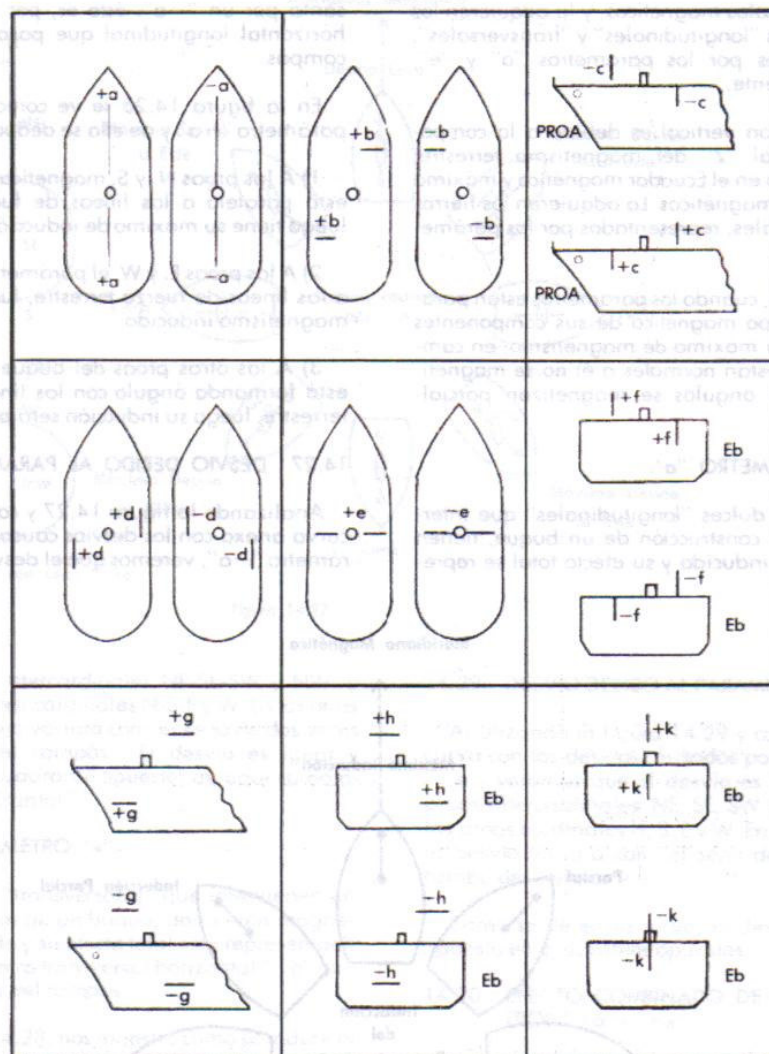


Figura 14.24

#### 14.25 EFECTOS DE LOS PARAMETROS EN EL COMPAS.

Los efectos de los parámetros sobre un compás habrá que analizarlos separadamente, según se trate, de un compás bien ubicado; vale decir colocado en el eje longitudinal del buque; (línea de crujía) o bien, se trate de un compás mal ubicado, o sea un compás situado fuera de su línea de crujía.

El efecto que produce el magnetismo inducido en los fierros dulces de un buque adrizado y, con su compás colocado en la línea de crujía, se descompone de dos partes:

- Inducción horizontal.
- Inducción vertical.

La inducción horizontal es debida a la componente horizontal  $H$  del magnetismo terrestre, por lo tanto es máxima en el Ecuador magnético y



nula en los polos magnéticos, y la adquieren los fierros dulces "longitudinales" y "transversales", representados por los parámetros "a" y "e", respectivamente.

La inducción vertical es debida a la componente vertical "Z" del magnetismo terrestre, luego es nula en el Ecuador magnético y máxima en los polos magnéticos. La adquieren los fierros dulces verticales, representados por los parámetros "c" y "k".

En general, cuando los parámetros están paralelos al campo magnético de sus componentes adquieren su máximo de magnetismo; en cambio cuando están normales a él no se magnetizan; a otros ángulos se magnetizan parcialmente.

#### 14.26 PARAMETRO "a".

Los fierros dulces "longitudinales" que intervienen en la construcción de un buque, tienen magnetismo inducido y su efecto total se repre-

senta por un "a"; esto es, por un parámetro horizontal longitudinal que pasa a través del compás.

En la figura 14.26 se ve como se induce el parámetro "a" y de ella se deduce que:

1) A las proas N. y S. magnética, el parámetro está paralelo a las líneas de fuerza terrestre, luego tiene su máximo de inducción.

2) A las proas E. y W. el parámetro está normal a las líneas de fuerza terrestre, luego no tendrá magnetismo inducido.

3) A las otras proas del buque el parámetro está formando ángulo con las líneas de fuerza terrestre, luego su inducción será parcial.

#### 14.27 DESVIO DEBIDO AL PARAMETRO "a".

Analizando la figura 14.27 y construyendo la curva anexa con los desvíos causados por el parámetro "a", veremos que el desvío es máximo

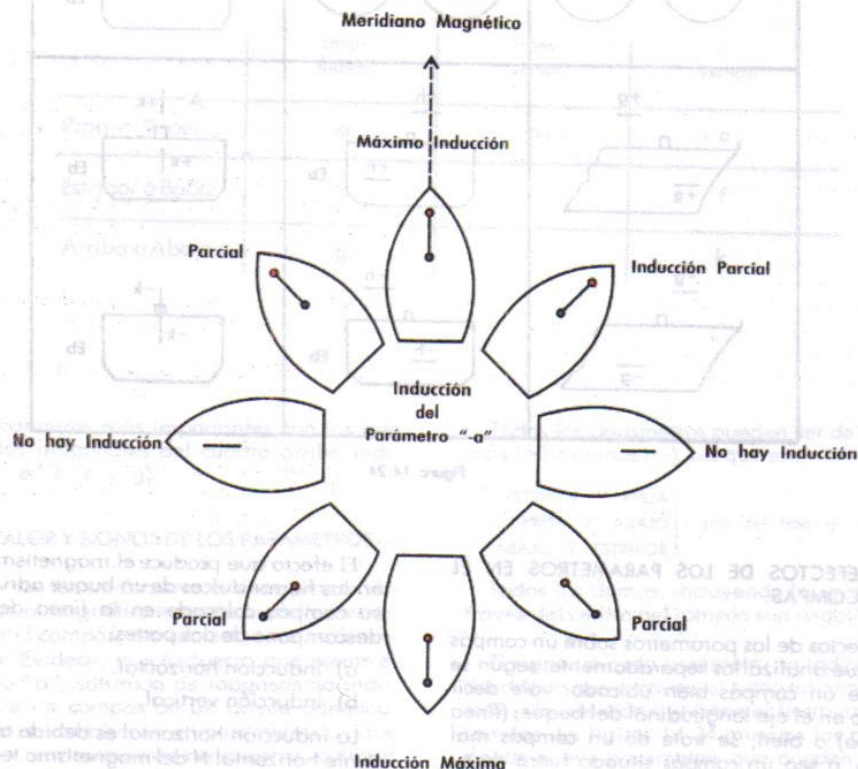


Figura 14.26

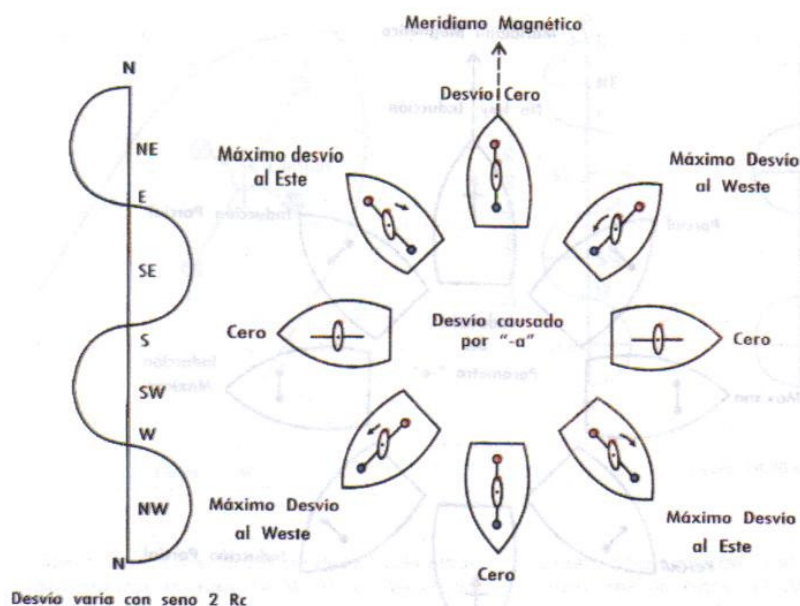


Figura 14.27

a las proas intercardinales NE-SE-SW y NW, y nulo a las proas cardinales N-S-E y W. En las otras proas el desvío variará con "el seno de dos veces el rumbo del compás". El desvío es igual y opuesto en cuadrante opuesto, de aquí su nombre de "cuadrantal".

#### 14.28 PARAMETRO "e".

Los fierros "transversales" que intervienen en la construcción de un buque, adquieren magnetismo inducido y su efecto total está representado por el parámetro transversal horizontal "-e" que pasa a través del compás.

La figura 14.28, nos muestra cómo se induce el parámetro "-e", y de ella se deduce que:

- 1) A las proas E. y W. el parámetro está paralelo a la líneas de fuerzas del campo magnético terrestre y en consecuencia tiene la máxima inducción.
- 2) A las proas N y S el parámetro está colocado normalmente a las líneas de fuerza y por lo tanto no tendrá inducción.
- 3) A las otras proas magnéticas del buque, el parámetro "-e" estará formando ángulo con las líneas de fuerzas terrestre, luego su inducción será parcial.

#### 14.29 DESVIO DEBIDO AL PARAMETRO "-e".

Analizando la figura 14.29 y construyendo la curva con los desvíos causados por el parámetro "-e", veremos que el desvío es máximo a las proas intercardinales NE, SE, SW y NW; y nulo a las proas cardinales N, S, E y W. En las otras proas el desvío variará con "el seno de dos veces el rumbo del compás".

Como se ve en la curva, el desvío es igual y opuesto en cuadrantes opuestos.

#### 14.30 EFECTO COMBINADO DE LOS PARAMETROS "-a" y "-e".

Comparando las curvas de desvíos producidas por los parámetros "-a" y "-e" (Figuras 14.27 y 14.29), vemos que tanto los desvíos producidos por "-e" como por "-a", son cuadrantales; es decir, el desvío es igual y opuesto en cuadrantes opuestos. Ambos parámetros producen un máximo de desvío a las proas intercardinales y cero desvío a las proas cardinales; en el resto de las proas el desvío varía con el seno de dos veces el rumbo del compás y nos indica también que los desvíos producidos por "-e" son más grandes que los causados por "-a"; debido a que los polos del parámetro "-e" están más cerca del compás que los del parámetro "-a". (Figura 14.30).





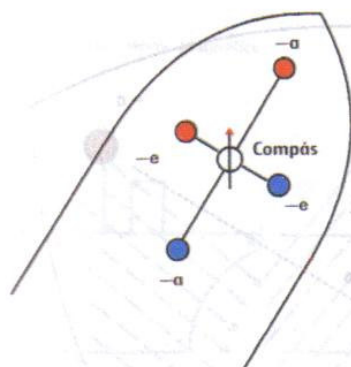


Figura 14.30

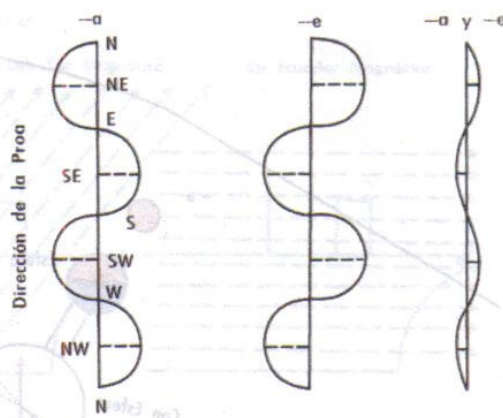


Figura 14.30-a

Si combinamos las curvas de desvíos de estos dos parámetros (Figura 14.30-a), el resultado que se obtiene se ve en la tercera curva, que es similar a la de un “-e” pero menos pronunciada debido al efecto contrario que le ha presentado el “-a”.

Esta curva resultante que determina la combinación de los dos parámetros “-a” y “-e”, se corrige con esferas de fierro dulce colocadas de babor a estribor; esto es, en el eje transversal de la Bitácora, las que actúan como un parámetro “+e” para contrarrestar el efecto de un “-e”.

#### 14.31 CORRECCION DE “-a” y “-e”.

El desvío en el compás debido a los parámetros “-a” y “-e” se llama “ERROR CUADRANTAL” y, como se dijo en el párrafo anterior se corrige con esferas de fierro dulce.

La figura 14.30, representa un buque con proa del compás NE, proa intercardinal, por lo tanto máximo efecto de “-a” y “-e”, en ella vemos los parámetros nombrados; donde el efecto “-e” en el compás es mayor que el de “-a” por estar el primero más cerca a las agujas.

Para corregir el error, se colocarán las esferas de fierro dulce en la forma indicada en la figura 14.31. Al seguir este procedimiento, las líneas de fuerzas magnéticas terrestres, inducirán las esferas, formando una polaridad azul en la parte sur de ellas y roja en la parte norte. La aguja del compás que se había desviado hacia el E. por el

efecto del exceso de “-e” sobre “-a”, es atraído nuevamente hacia el W. (hacia el meridiano magnético) debido a que el polo Sur (Azul) de la esfera de babor atrae al extremo Norte (rojo) de la aguja y sumando su efecto el polo Norte (rojo) de la esfera de estribor, atrae al extremo Sur (azul) de la aguja de compás; contrarrestando así el efecto debido al error cuadrantal.

El cambio de latitud magnética no causa efecto en los desvíos debido a los parámetros “a” y “e”; pues sabemos que, tanto la inducción de los fierros dulces horizontales como la fuerza directriz de una rosa dependen, cuando el buque está adrizado, de la intensidad de la fuerza horizontal del campo magnético terrestre.

Por lo tanto, si aumenta la fuerza directriz, el momento de los parámetros también aumenta y vice-versa; y en consecuencia el momento desviador permanece inalterable y constante; en otras palabras, “no varía con el cambio de latitud magnética”.

#### 14.32 PARAMETRO “c”.

Hasta aquí hemos visto los efectos de los fierros dulces horizontales; pero resulta que los fierros dulces verticales de un buque (mamparos, puntales, etc.), adquieren magnetismo inducido de la componente vertical del campo magnético terrestre.

Un compás situado a proa está, generalmente, influenciado por los fierros dulces verticales que forman las chimeneas, cuyo efecto queda representado por un parámetro “-c”.



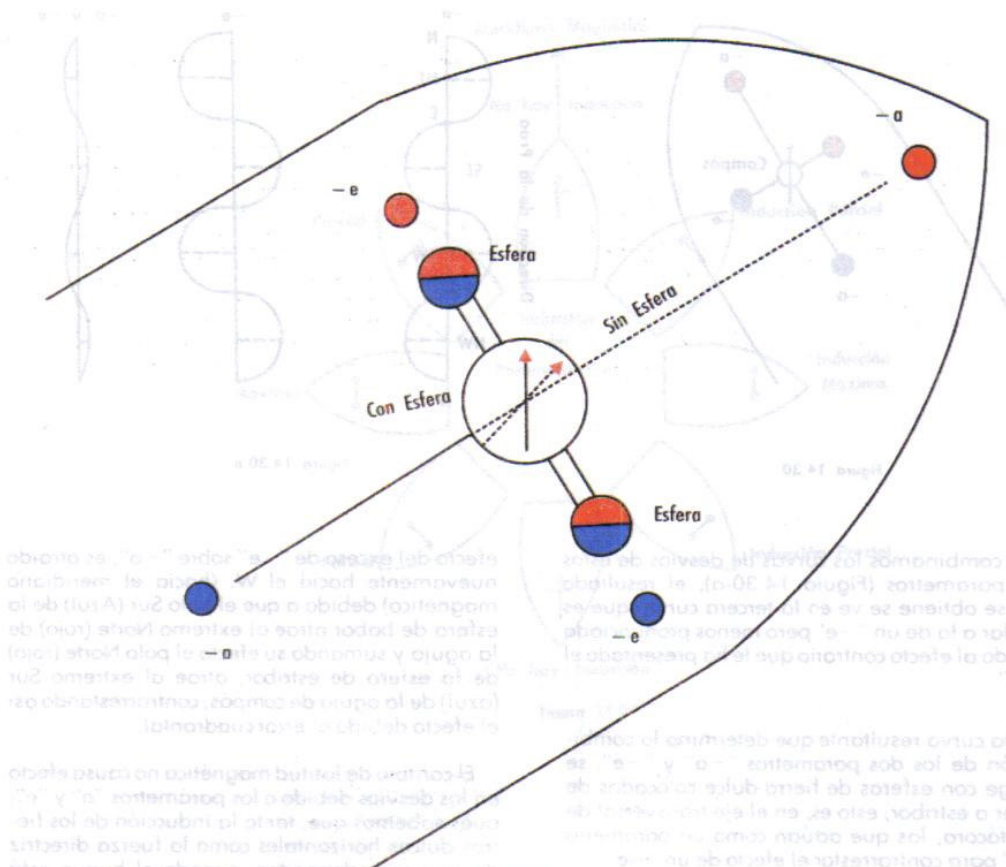


Figura 14.31

En la figura 14.32 vemos cómo se induce el parámetro  $-c$ :

1º) En latitudes magnéticas Norte produce un polo AZUL a popa del compás.

2º) En latitudes magnéticas SUR un polo ROJO a popa del compás.

3º) En el ecuador magnético terrestre es nula.

En consecuencia la inducción del parámetro  $-c$  varía directamente con la componente vertical  $Z$  del magnetismo terrestre.

#### 14.33 DESVIO DEBIDO AL PARAMETRO $-c$ .

Analizando la figura 14.33 y construyendo la curva con los desvíos causados por el parámetro  $-c$  en latitud norte magnética, veremos que el desvío es máximo a las proas Este y Oeste mag-

nético y cero a las proas N. y S. En las otras variará con el seno del rumbo del compás. Es decir, que el desvío es similar al causado por la componente  $P$  del magnetismo permanente de un buque. Siendo los desvíos iguales y opuestos en semicírculos opuestos, tal como se muestra en la curva, toma el nombre de desvío "semicircular".

Hemos visto que el efecto perturbador de  $-c$  depende de la componente vertical  $Z$ , pero el efecto en la aguja, depende de la magnitud de la fuerza directriz del compás; es decir, que mientras más fuerza directriz tenga el compás para orientarse en el meridiano magnético, menores serán los efectos perturbadores de  $-c$ . Esta fuerza directriz del compás varía directamente con la componente horizontal  $H$  del magnetismo terrestre y por consiguiente el efecto de  $-c$  variará directamente con  $Z$  e inversamente con  $H$ , estos es con  $Z/H$ , o sea, con  $\tan \Theta$  (inclinación).

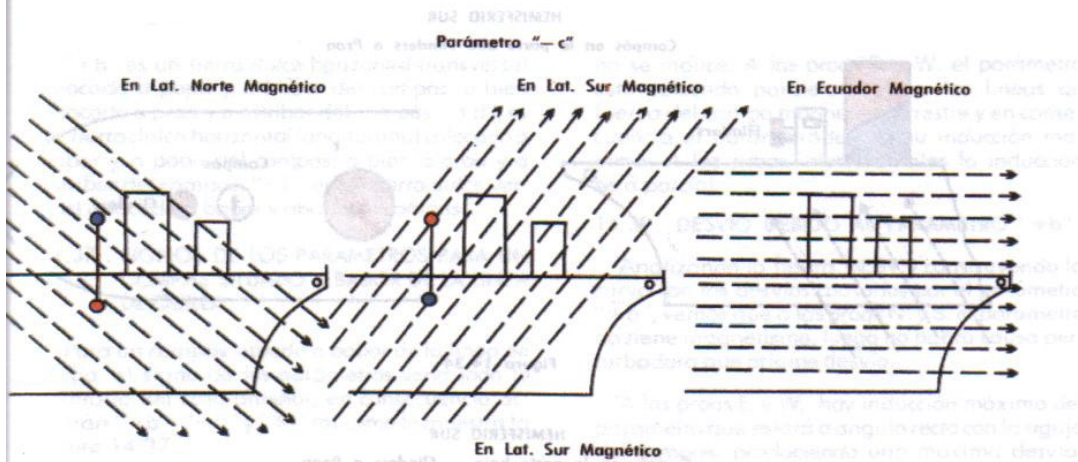


Figura 14.32

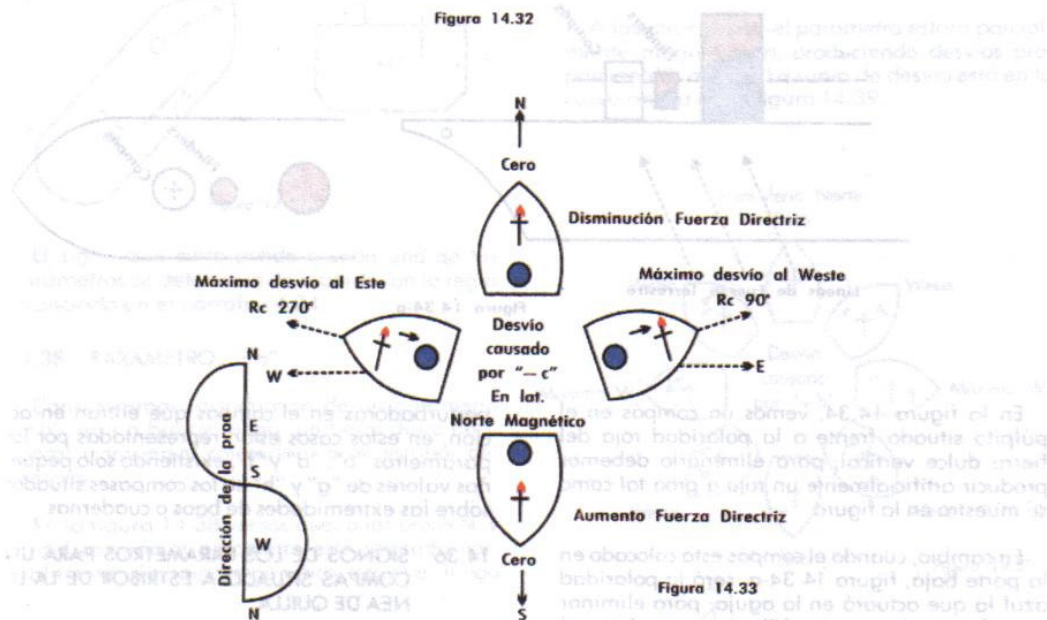


Figura 14.33

Cuando un buque navega en latitudes altas,  $Z$  aumenta y  $H$  disminuye, en consecuencia el desvío debido a " $c$ " aumentará; en cambio, cuando el buque navega en las cercanías del ecuador magnético, el desvío disminuye, siendo cero cuando navega en el ecuador magnético, ya que no existirá la componente vertical  $Z$  del magnetismo y la fuerza directriz horizontal  $H$  será máxima.

#### 14.34 CORRECCION DEL PARAMETRO " $-c$ ".

Una barra de hierro dulce vertical colocada por la cara de proa de la bitócora producirá un " $+c$ " artificial que contrarrestará el efecto del parámetro " $-c$ ". Este corrector se llama BARRA FLINDERS. La colocación del Flinders depende además, de la ubicación que tenga el compás con respecto al hierro dulce vertical; lo que puede comprenderse fácilmente al observar las figuras 14.34 y 14.34-a.



HEMISFERIO SUR  
Compás en la parte alta Flinders a Proa

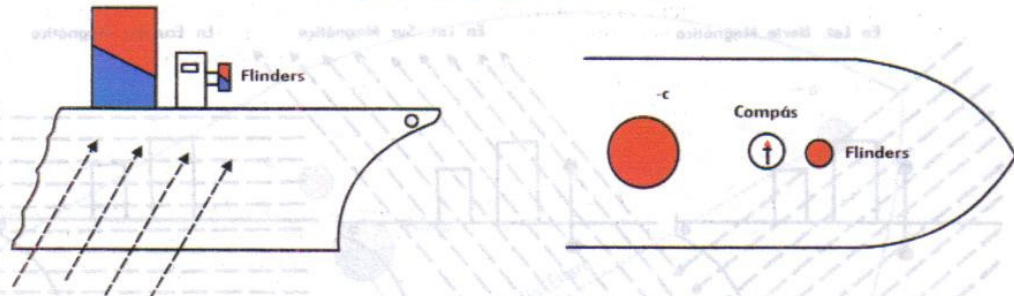


Figura 14.34

HEMISFERIO SUR  
Compás en la parte baja Flinders a Popa

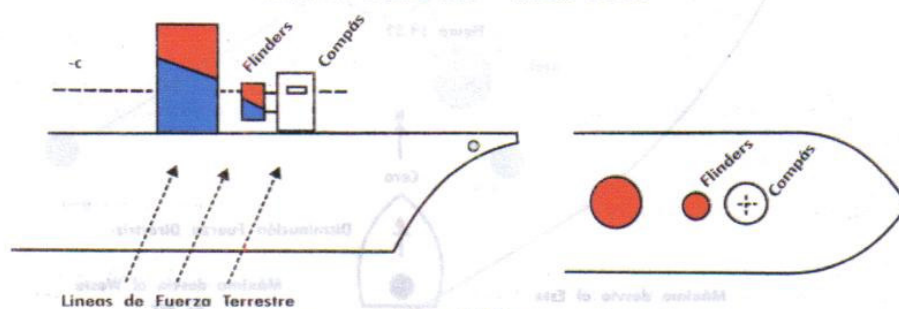


Figura 14.34-a

En la figura 14.34, vemos un compás en el púlpito situado frente a la polaridad roja del hierro dulce vertical; para eliminarlo debemos producir artificialmente un rojo a proa tal como se muestra en la figura.

En cambio, cuando el compás está colocado en la parte baja, figura 14.34-a, será la polaridad azul la que actuará en la aguja; para eliminar este efecto, colocaremos el Flinders entre éste y el compás, lo que determinará una polaridad roja, que contrarrestará el efecto de la polaridad azul.

#### 14.35 PARAMETROS QUE AFECTAN A UN COMPÁS INSTALADO FUERA DE LA LÍNEA DE QUILLA.

Hasta aquí, hemos visto los parámetros que afectan a un compás situado en la línea de crujía de buques simétricos. Ahora veremos los parámetros que producen desviación en los compases colocados fuera de la línea de quilla, o en un buque construido asimétricamente y en los que el magnetismo inducido no es regular. Las fuerzas

perturbadoras en el compás que entran en acción, en estos casos están representadas por los parámetros "b", "d" y "f", existiendo solo pequeños valores de "g" y "h" en los compases situados sobre las extremidades de baos o cuadernas.

#### 14.36 SIGNOS DE LOS PARAMETROS PARA UN COMPÁS SITUADO A ESTIBOR DE LA LÍNEA DE QUILLA.

La figura 14.36, nos muestra los signos que tienen los parámetros para un compás situado a estribor de la línea de crujía.

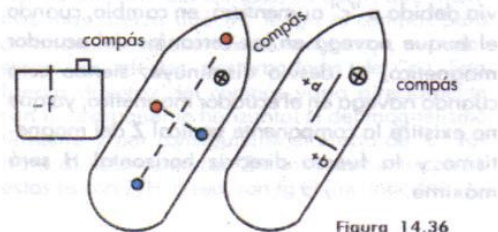


Figura 14.36

" $+b$ " es un fierro dulce horizontal transversal colocado a popa y a babor del compás, o bien colocado a proa y a estribor del compás; " $+d$ ", es un fierro dulce horizontal longitudinal colocado a babor y a popa del compás; o bien a proa y a estribor del compás; " $-f$ ", es un fierro dulce vertical colocado a babor y abajo del compás.

#### 14.37 SIGNOS DE LOS PARAMETROS PARA UN COMPÁS SITUADO A BABOR DE LA LINEA DE QUILLA.

Para un compás situado a babor de la línea de crujía, el signo de los parámetros sería todo lo contrario del caso anterior, en consecuencia actuarán " $-b$ ", " $-d$ " y " $+f$ " tal como lo muestra la figura 14.37.

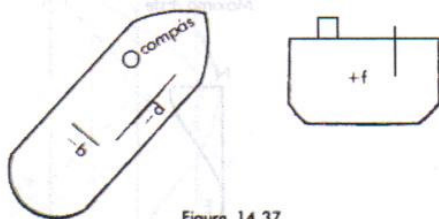


Figura 14.37

El signo que corresponde a cada uno de los parámetros se determina de acuerdo con la regla enunciada en el párrafo 14.24.

#### 14.38 PARAMETRO " $+b$ ".

Consideremos la inducción de un parámetro " $+b$ ", en un buque; o sea, un fierro dulce horizontal transversal colocado a proa estribor del compás.

En la figura 14.38 vemos que, a las proas N. y S. del compás el parámetro está colocado normalmente al campo magnético terrestre, luego

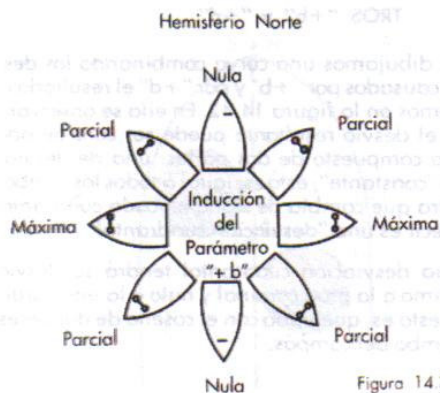


Figura 14.38

no se induce. A las proas E. y W. el parámetro está colocado paralelamente a las líneas de fuerza del campo magnético terrestre y en consecuencia el parámetro tendrá su inducción máxima. A las proas intercardinales la inducción será parcial.

#### 14.39 DESVIO DEBIDO AL PARAMETRO " $+b$ ".

Analizando la figura 14.39 y construyendo la curva con los desvíos causados por el parámetro " $+b$ ", vemos que a las proas N. y S. el parámetro no tiene magnetismo, luego no habrá causa perturbadora que origine desvío.

A las proas E. y W., hay inducción máxima del parámetro que estará a ángulo recto con la aguja del compás, produciendo una máxima desviación.

A las otras proas, el parámetro estará parcialmente magnetizado, produciendo desvíos proporcionales a ellas. La curva de desvío está en la curva anexa de la figura 14.39.

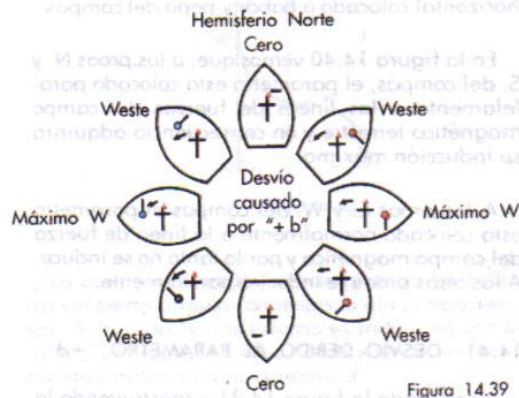


Figura 14.39



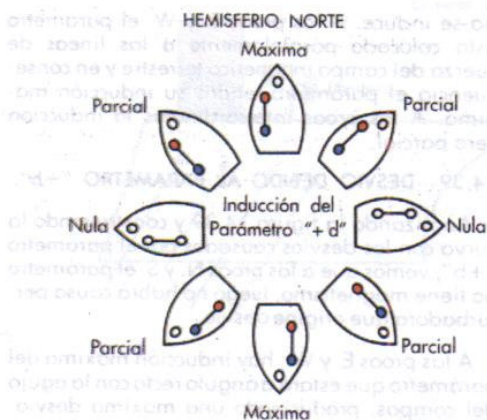


Figura 14.40

#### 14.40 PARAMETRO "+d".

Analicemos la inducción de un parámetro "+d" en un buque; en este caso, un fierro dulce horizontal colocado a babor y popa del compás.

En la figura 14.40 vemos que, a las proas N. y S. del compás, el parámetro está colocado paralelamente a las líneas de fuerzas del campo magnético terrestre y en consecuencia adquirirá su inducción máxima.

A las proas E. y W. del compás el parámetro está colocado normalmente a la línea de fuerza del campo magnético y por lo tanto no se induce. A las otras proas se inducirá parcialmente.

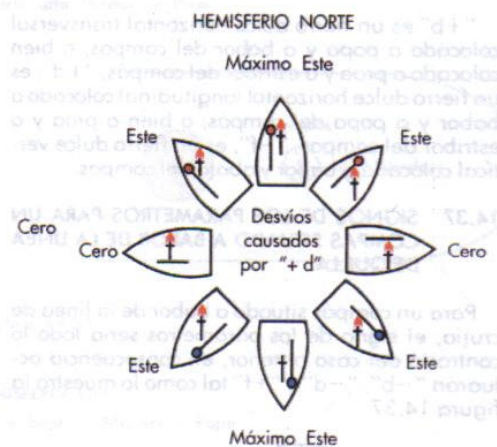
#### 14.41 DESVIO DEBIDO AL PARAMETRO "+d".

Analizando la figura 14.41 y construyendo la curva con los desvíos causados por el parámetro "+d", vemos que a la proa N. y S. del compás cuando el parámetro está en ángulo recto con la aguja del compás, con su máxima de inducción, producirá un desvío que será máximo a esas proas.

A las proas E. y W. el parámetro no tiene magnetismo, luego no habrá desvío.

A las proas intermedias el desvío es proporcional a la inducción adquirida por el parámetro.

La curva de desvío se muestra en la figura anexa; y vemos que el desvío varía con el "coseno de dos veces el rumbo", a un mismo lado del eje.



Máximo Este

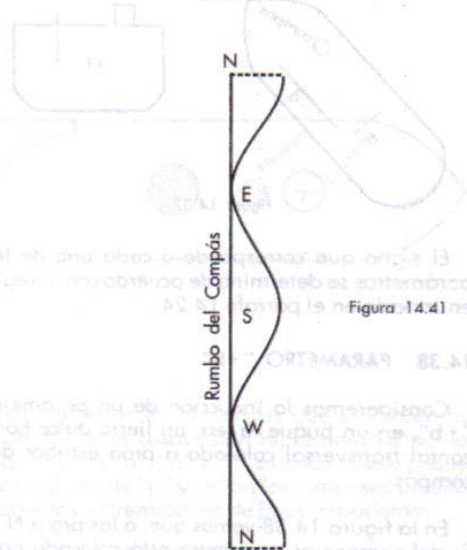
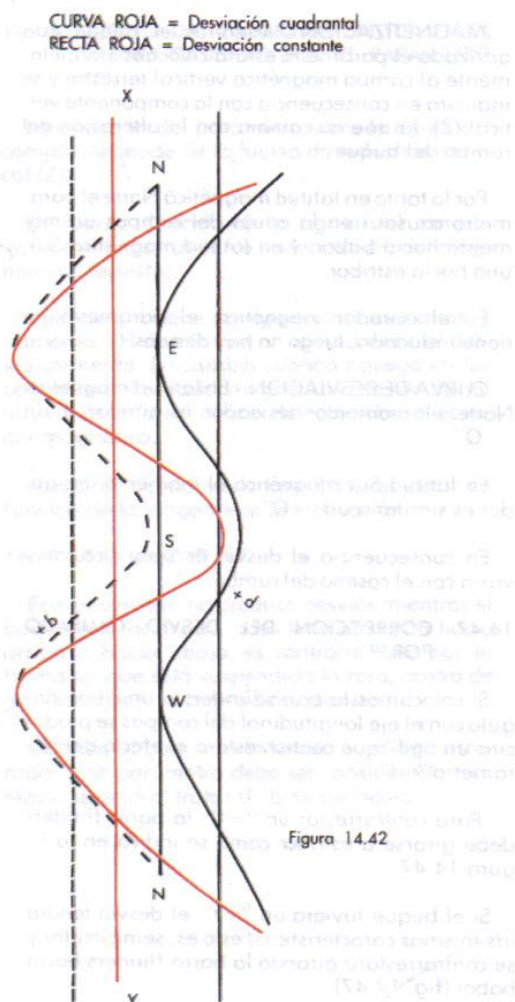


Figura 14.41

#### 14.42 EFECTO COMBINADO DE LOS PARAMETROS "+b" y "+d".

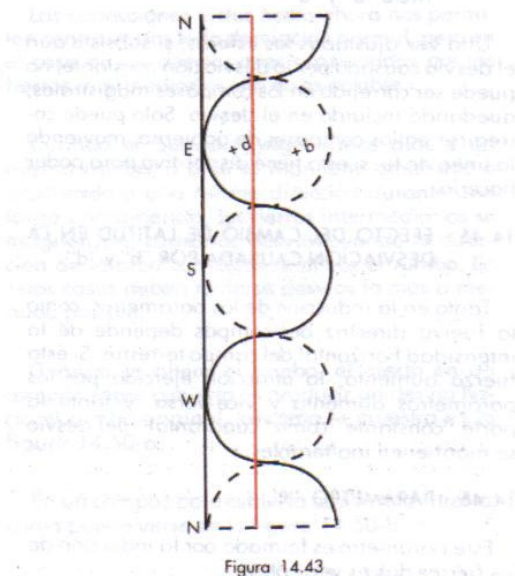
Si dibujamos una curva combinando los desvíos causados por "+b" y por "+d" el resultado lo veremos en la figura 14.42. En ella se observará que el desvío resultante puede ser considerado como compuesto de dos partes: una de desviación "constante"; esto es, igual a todos los rumbos y, otra que cambia de signo en cada cuadrante, es decir es una "desviación cuadrantal".

Esta desviación cuadrantal tendrá su desvío máximo a la proa cardinal y nulo a la intercardinal; esto es, que varía con el coseno de dos veces el rumbo del compás.

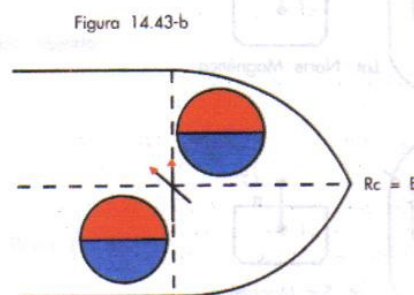
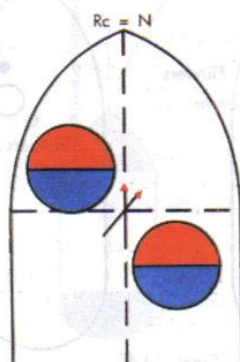


#### 14.43 CORRECCION DEL DESVIO CUADRANTAL CAUSADO POR "+b" y "+d".

Si los efectos de los parámetros " $b$ " y " $d$ " son reducidos hasta que ellos sean iguales y opuestos, entonces la desviación cuadrantal será eliminada y sólo permanecerá una desviación constante (dependiente del valor a la cual ellos han sido reducidos). Este efecto se muestra en la figura 14.43.



La corrección puede hacerse girando las esferas un cierto ángulo con respecto al eje transversal. A la proa N, las esferas se inducirán como indica la figura 14.43-a, produciendo un momento similar a un parámetro " $d$ ".



Esferas corrigiendo el efecto de "+b" y "+d"



A la proa E: la inducción que se produce se muestra en la figura 14.43-b, ocasionando un momento similar a un parámetro " $-b$ ". A las proas S. y W. el efecto es similar.

A las otras proas sus efectos son similares a los parámetros " $-d$ " y " $-b$ ", induciéndose parcialmente y actuando simultáneamente.

#### 14.44 CORRECCION DE PARTE DE LOS PARAMETROS " $b$ " y " $d$ ".

Una vez ajustadas las esferas, si subsiste aún el desvío causado por la desviación constante, no puede ser corregido en los compases magistrales, quedando incluido en el desvío. Sólo puede corregirse en los compases de gobierno, moviendo la línea de fe, si ésta tiene dispositivo para poder hacerlo.

#### 14.45 EFECTO DEL CAMBIO DE LATITUD EN LA DESVIACION CAUSADA POR " $b$ " y " $d$ ".

Tanto en la inducción de los parámetros, como la fuerza directriz del compás depende de la intensidad horizontal del campo terrestre. Si esta fuerza aumenta, la atracción ejercida por los parámetros aumenta y vice-versa, y tanto la parte "constante" como "cuadrantal" del desvío se mantienen inalterables.

#### 14.46 PARAMETRO " $f$ ".

Este parámetro es formado por la inducción de los fierros dulces verticales.

Consideremos un buque con un parámetro " $-f$ "; como por ejemplo un porta-aviones, en el que el compás está situado a la banda de estribor, como se muestra en la figura 14.46.

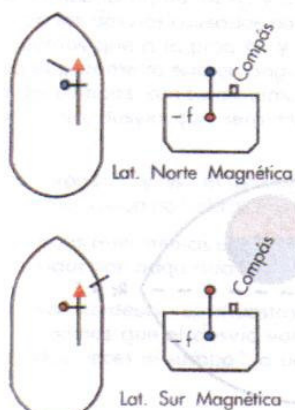


Figura 14.46

**MAGNETIZACION.** Mientras el buque está adrizado el parámetro estará colocado paralelamente al campo magnético vertical terrestre y se inducirá en consecuencia con la componente vertical (Z), la que no cambia con la alteración del rumbo del buque.

Por lo tanto en latitud magnética Norte el parámetro causará en la aguja del compás un momento hacia babor, y en latitud magnética Sur, uno hacia estribor.

En el ecuador magnético, el parámetro no tiene inducción, luego no hay desvíos.

**CURVA DE DESVIACION.** En latitud magnética Norte el momento desviador es similar a un " $-Q$ ".

En latitud Sur magnética el momento desviador es similar a un " $+Q$ ".

En consecuencia el desvío es semi-circular y varía con el coseno del rumbo.

#### 14.47 CORRECCION DEL DESVIO CAUSADO POR " $f$ ".

Si colocamos la barra flinders a un cierto ángulo con el eje longitudinal del compás se producirá un " $+f$ " que contrarrestará el efecto del parámetro " $-f$ ".

Para contrarrestar un " $-f$ ", la barra flinders debe girarse a estribor como se indica en la figura 14.47.

Si el buque tuviera un " $+f$ ", el desvío tendrá las mismas características, esto es, semicircular y se contrarrestará girando la barra flinders hacia babor (fig. 14.47).

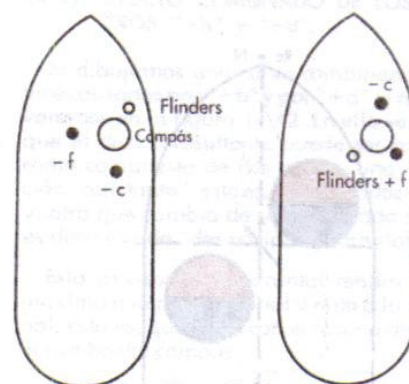


Figura 14.47

#### 14.48 EFECTO DEL CAMBIO DE LATITUD EN EL DESVIO CAUSADO POR EL PARAMETRO "I".

La atracción del parámetro sobre la aguja del compás depende de la fuerza de inducción vertical (Z).

La fuerza directriz de la aguja del compás varía con la componente horizontal (H) del magnetismo terrestre.

Cuando el buque navega en latitudes altas, Z aumenta y H disminuye; en consecuencia el desvío aumenta. En cambio cuando navega en las cercanías del ecuador magnético el desvío disminuye, y será "cero" cuando lo hace sobre el ecuador magnético.

Luego el desvío varía con  $Z/H$ , es decir en función de la tangente de la inclinación.

#### 14.49 PARAMETRO "K".

Este parámetro no produce desvíos mientras el buque está adrizado, pues toda atracción hacia arriba o hacia abajo, es contrarrestada por la forma en que está suspendida la rosa, centro de gravedad bajo el centro de suspensión.

Cuando el buque se balancea o navega escorado, este parámetro debe ser considerado y su efecto se verá al tratar el "Error de Escora".

#### 14.50 MAGNETISMO SUBPERMANENTE.

El magnetismo subpermanente de un buque se debe a los fierros intermediarios, es decir a aquellos que retienen parte del magnetismo por algún tiempo, el que depende de la dirección de la proa del buque, de la posición geográfica y las condiciones en que ha estado el buque tanto en dirección como en vibraciones.

Las correcciones vistas hasta ahora nos permiten contrarrestar toda desviación normal, pero en el caso de las desviaciones ocasionadas por los fierros intermediarios ello no es posible.

Cuando el buque navega varios días a un mismo rumbo; o bien se mantiene amarrado o acoderado a una misma dirección durante una larga permanencia, los fierros intermediarios se magnetizan, causando desvíos cuando la dirección de la proa cambia o se altera el rumbo. En estos casos deben tomarse desvíos lo más a menudo posible.

Cuando se altera el rumbo, el efecto en un compás sobre cubierta es producir un desvío hacia el rumbo original, tal como se muestra en la figura 14.50-a.

En un compás bajo cubierta ocurre lo contrario, como puede verse en la figura 14.50-b.

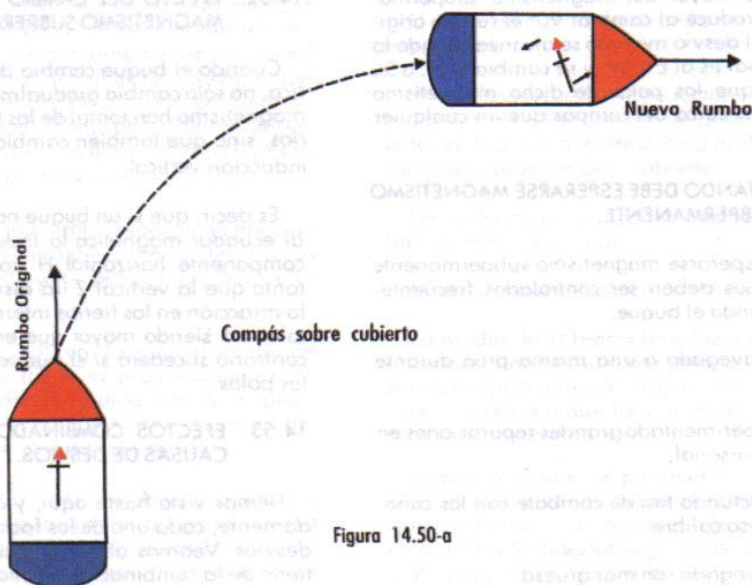


Figura 14.50-a



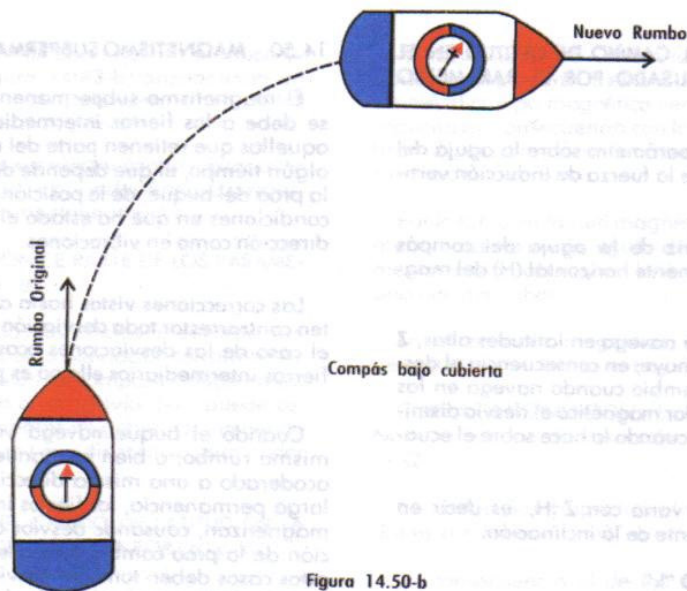


Figura 14.50-b

En general, cuando un buque deja el arsenal o dique, o altera su rumbo después de una larga travesía, el magnetismo adquirido por los fierros intermediarios no desaparece inmediatamente, sino que va disminuyendo con el tiempo, pero mientras lo hace, continuará siendo causa de desvíos.

El efecto mayor del magnetismo subpermanente se produce al cambiar  $90^\circ$  el rumbo original, pero el desvío máximo se alcanza cuando la proa original es al E. o W. y se cambia al N. o S., debido a que los polos de dicho magnetismo estarán más cerca del compás que en cualquier otro rumbo.

#### 14.51 CUANDO DEBE ESPERARSE MAGNETISMO SUBPERMANENTE.

Puede esperarse magnetismo subpermanente y los desvíos deben ser controlados frecuentemente, cuando el buque:

- Ha navegado a una misma proa durante varios días.
- Ha experimentado grandes reparaciones en un dique o arsenal;
- Ha efectuado tiro de combate con los cañones de grueso calibre.
- Ha navegado con mar gruesa.

e) Cuando navega entre o en las cercanías de tormentas eléctricas.

f) Puede adquirirse además por caídas de rayos y, su efecto puede durar varios meses, alterando el desvío a todas las proas; efecto que decrece gradualmente con el tiempo.

#### 14.52 EFECTO DEL CAMBIO DE LATITUD EN EL MAGNETISMO SUBPERMANENTE.

Cuando el buque cambia de posición geográfica, no sólo cambia gradualmente la inducción o magnetismo horizontal de los fierros intermediarios, sino que también cambia el magnetismo o inducción vertical.

Es decir; que si un buque navega acercándose al ecuador magnético la inducción debido a la componente horizontal H irá aumentando, en tanto que la vertical Z irá disminuyendo. Luego la atracción en los fierros intermediarios horizontales irá siendo mayor que en los verticales. Lo contrario sucederá si el buque se traslada hacia los polos.

#### 14.53 EFECTOS COMBINADOS DE TODAS LAS CAUSAS DE DESVÍOS.

Hemos visto hasta aquí, y analizado separadamente, cada uno de los factores que producen desvíos. Veamos ahora el resultado que se obtiene de la combinación de ellos.

Cuando se combinan las curvas semicirculares producidas por P y Q, dan una curva semicircular con sus desvíos cero a la dirección que tenía el buque en las gradas de construcción y máximo a ángulo recto con esta dirección.

Por otra parte la curva semicircular del parámetro "c" viene a sumarse a la combinación anterior, dando como resultante una nueva curva semicircular que altera ligeramente los puntos máximos y mínimos de la curva anterior.

Así también, la curva cuadrantal causada por "-a" y "-e", viene a sumarse a las curvas anteriormente mencionadas, cuya combinación viene a determinar una curva final resultante que no es semicircular, ni cuadrantal; es de forma caprichosa en la que la suma de los desvíos del Este es siempre igual a la de los desvíos del Oeste, pero no debe esperarse que los desvíos sean iguales y opuestos en puntos opuestos.

Puede suceder que existiese un desvío constante. En este caso la curva aparecerá un poco desplazada de su eje central y en este caso la suma de los desvíos Este no sería igual a la suma de los desvíos Oeste.

#### 14.54 FUERZA DIRECTRIZ.

Hemos visto que la fuerza que orienta a la aguja del compás en el meridiano magnético, es la componente horizontal H del magnetismo terrestre; pero, esta misma componente horizontal a bordo se altera, disminuyendo su fuerza, según los rumbos magnéticos, debido a la permeabilidad tanto de los aceros como de los fierros dulces. Esta fuerza disminuida se le denomina H' y es la verdadera fuerza directriz a bordo.

En un compás magistral ubicado en la línea de crujía del buque, alterarán la fuerza directriz las componentes P y Q y los parámetros "a", "c" y "e".

La componente "-P" produce una disminución de la fuerza directriz a la proa magnética N, igual a la que gana a la proa Sur. A las proas magnéticas E. y W. no hay alteración. A los demás rumbos hay una variación parcial.

Similarmente un "+Q" produce una pérdida de fuerza directriz a la proa magnética E. igual a la que aumenta en la proa W. A las proas magnéticas N. y S. no hay alteración, pero a los otros rumbos varía parcialmente.

El parámetro "c" produce la máxima alteración en la fuerza directriz a los rumbos magnéticos N. y S., ninguna a la E. o W. y variable a los demás.

El parámetro "a" causa su máxima disminución a las proas N. y S. magnéticas, en cambio al E. y W. no hay alteración, pero disminuye en las proas intermedias en cantidad variable.

El parámetro "e" causa su máxima disminución en la fuerza directriz a los rumbos magnéticos E. y W. en cambio no produce alteración a los rumbos N. y S., pero vuelve a disminuir en la cantidad variable a los rumbos magnéticos intermedios.

En general vemos, que a mayor fuerza directriz menor efecto desviatorio, luego es inversamente proporcional.

Si tomamos la media de la fuerza directriz de un mismo compás a bordo y la dividimos por la fuerza directriz en tierra, obtendremos un cociente, siempre menor que la unidad, denominado lambda ( $\lambda$ ), que es constante cualquiera que sea el valor de H, ya que al aumentar o disminuir ésta, aumentará o disminuirá la inducción en la misma cantidad y con ella H', manteniéndose la relación;

$$\text{Entonces } \lambda = \frac{H' \text{ (fuerza directriz a bordo)}}{H \text{ (fuerza directriz en tierra)}}$$

El valor de H se obtiene de la carta de valores magnéticos.

$\lambda$  es sólo un coeficiente o factor, no representa unidades, es abstracto. En buques de fierro  $\lambda$  vale por lo general entre 0,9 y 0,8; y hasta 0,5 en compases situados bajo cubierta.

De la fórmula anterior se puede despejar la fuerza directriz a bordo

$$H' = \lambda H \text{ que ocuparemos más adelante.}$$

La media de la fuerza directriz a bordo, puede obtenerse determinándola para cada uno de los rumbos cardinales (Consideramos un compás bien ubicado en que los parámetros b, d, y f no han sido considerados).

Vimos al tratar los parámetros "-a" y "-e" que estos disminuían la fuerza directriz a bordo y que un fierro "-a" causa su máxima disminución al N. y S. magnético y no hay alteración al E. y W. magnético. Un fierro "-e" máxima disminución al E. y W. y no produce alteración al N. y S.



Por lo tanto la fuerza directriz  $H$  de la tierra, al N. y S., se verá aumentada por un fierro "+a" y al E. y W. por un fierro "+e".

Es decir:

$$\text{Al N. mg. la fuerza directriz } H' = H - a H - P - c z$$

$$\text{Al E. mg. la fuerza directriz } H' = H - e H - Q$$

$$\text{Al S. mg. la fuerza directriz } H' = H - a H + P + c z$$

$$\text{Al W. mg. la fuerza directriz } H' = H - e H + Q$$

$$\text{Sumando tenemos } 4 H' = 4H - 2 a H - 2 e H$$

Dividiendo por 4

$$H' = H - \frac{aH + eH}{2}$$

$$H' = H \left( 1 - \frac{a + e}{2} \right)$$

$$\text{Reemplazando } H' \text{ por } \lambda H \text{ resulta } \lambda H = H \left( 1 - \frac{a + e}{2} \right)$$

$$\text{De donde } \lambda = 1 - \frac{a + e}{2}$$

Cuando se hace la misma operación con las esferas colocadas, el cociente que se obtiene se denomina  $\lambda_2$ . Sabemos que las esferas corrigen el exceso del parámetro "-e" sobre "-a"; la parte no corregida se le denomina por "-a<sub>2</sub>" y "-e<sub>2</sub>" en consecuencia la fuerza media del compás estará dada por

$$= H - \frac{(a_2 + e_2) H}{2}$$

$$= H - \frac{2 e_2 H}{2}$$

$$= H - e_2 H$$

$$= \frac{H - e_2 H}{1}$$

$$\lambda_2 = 1 - e_2$$

Este valor  $\lambda$ , que se llama  $\lambda_2$  es entonces la relación entre la fuerza directriz media de un compás con esferas colocadas exactamente y la fuerza directriz en tierra. Puede alcanzar un va-

lor máximo de 0,9 para un compás magistral bien ubicado y hasta 0,4 para uno situado bajo cubierta; en todo caso será mayor que  $\lambda$ . Como la fuerza que induce a los parámetros "a" y "e" es la misma que orienta la aguja,  $\lambda_2$  no varía con el cambio del buque en latitud magnética.

#### 14.55 DETERMINACION DE $\lambda$ (Lambda).

Siendo  $\lambda$ , o más bien  $\lambda_2$ , la relación entre elementos de a bordo y de tierra, se ve la necesidad de tomar observaciones en tierra y a bordo para determinarla.

Sabemos por definición que:

$H$  = Componente horizontal de la fuerza directriz en tierra.

$H'$  = Fuerza directriz de un compás para cualquier rumbo.

$H' \cos \Delta$  = Fuerza directriz del compás en el meridiano magnético.

Por lo tanto, la fuerza directriz media del Compás, será la media de  $H' \cos \Delta$  para todas las direcciones de la proa de un buque; considerando además que todas las componentes de los aceros y fierros dulces, exceptuando "-a" y "-e", aumentan la fuerza directriz en un semicírculo y la disminuyen en el otro. La media del

valor de  $H'$  cos  $\Delta$  puede determinarse, observando el tiempo de oscilación o período de una aguja magnética a cuatro proas magnéticas equidistantes. Esto se obtiene mediante un instrumento que no es otra cosa que una aguja magnética especial o en ausencia de este instrumento, con un compás magnético.

#### 14.56 INSTRUMENTO O AGUJA PARA DETERMINAR $\lambda$ .

Consiste en una caja de madera cuya base está marcada en grados. La caja tiene tapa de vidrio con dos líneas perpendiculares grabadas que facilitan la determinación de las oscilaciones. Una aguja imantada con su chapitel y estilo que viene en caja separada, completa el instrumento.

Para montarlo coloque el estilo en el centro de la caja-base y monte la aguja convenientemente. La aguja está construida en tal forma que, su centro de gravedad quede debajo del centro de suspensión con lo que se obtiene que siempre se mantenga horizontal.

Para determinar  $\lambda$  con este instrumento o con un compás, debe hacer primeramente una observación en tierra y después una a bordo.

#### OBSERVACION EN TIERRA, PARA ENCONTRAR UNA MEDIA DE $H$ .

Se elige un terreno libre de perturbaciones magnéticas extrañas al magnetismo terrestre. Una vez montado el instrumento, cuando la aguja alcance su posición de reposo, gire la cubierta de vidrio hasta que una de las líneas grabadas en ella quede en línea con la aguja. (En caso de un mortero, la línea de fe). Enseguida desvíe la aguja unos  $40^\circ$  del meridiano magnético por medio de un imán retirándolo lejos para que no perturbe a la aguja y tome exactamente el tiempo que se demore en pasar once veces consecutivas bajo la línea grabada o por la línea de fe si es mortero seco. Repita esta operación y saque la media del  $T$  en segundos. Si se trabaja con mortero líquido debe contarse el tiempo de dos pasos consecutivos por la línea de fe o de tres pasos divididos por dos.

#### OBSERVACIONES A BORDO PARA ENCONTRAR UNA MEDIA DE $H'$ .

Saque el mortero de su calzo y coloque en su lugar el instrumento en una posición tal, que corresponda a la que tenían las agujas del compás, o bien coloque el mortero si está operando con él. Repita el proceso efectuado en tierra y obtenga la media en  $T'$  segundos.

La fuerza horizontal varía inversamente proporcional al cuadrado del tiempo de oscilación de la aguja, esto es:

$$\frac{H}{H'} = \frac{T'^2}{T^2} \quad \text{donde } T = \text{período en tierra} \\ T' = \text{período a bordo}$$

$$\text{La relación} = \frac{H'}{H}$$

cuando  $H'$  se considera en el meridiano magnético estará dado por

$$\frac{T^2 \cos \Delta}{(T')^2} = \frac{H'}{H} \quad \text{entonces} \quad \frac{H'}{H} = \frac{T^2 \cos \Delta}{(T')^2}$$

Si hacemos lo mismo a cuatro proas equidistante se tendrá una media de  $\frac{H'}{H} = \lambda$

$$\text{Para cada proa} \quad \lambda = \frac{T^2}{(T')^2} \cos \Delta$$



Ejemplo: Calcular  $\lambda_2$  si T en tierra fue de 20 segundos y a bordo los siguientes:

| RC.  | DESVIO | RMg. | MEDIA 1° OSCIL. |
|------|--------|------|-----------------|
| 003° | 3° W   | 000  | 22 segundos     |
| 089° | 1° E   | 090  | 19 Segundos     |
| 178° | 2° E   | 180  | 17 Segundos     |
| 271° | 1° W   | 270  | 25 Segundos     |

$$\text{Al Norte Magnético } \lambda = \frac{20^2 \times \cos 3^\circ}{22^2} = 0,825$$

$$\text{Al Este Magnético } \lambda = \frac{20^2 \times \cos 1^\circ}{19^2} = 1,108$$

$$\text{Al Sur Magnético } \lambda = \frac{20^2 \times \cos 2^\circ}{17^2} = 1,383$$

$$\text{Al Weste Magnético } \lambda = \frac{20^2 \times \cos 1^\circ}{25^2} = 0,640$$

$$\lambda \text{ Media } \frac{H'}{H} = 4 \lambda_2 = 3,956$$

$$\lambda_2 = 0,989$$

#### EXPLORAR UN CAMPO MAGNETICO A BORDO.

Consiste en ver en qué lugar del buque, la fuerza horizontal H está menos disminuida por efecto de las masas magnéticas del casco, etc., para instalar en esos sitios los compases.

valor de H' con  $\Delta$  puede determinarse, observando el tiempo de oscilación o período de una aguja magnética o cuatro para magnéticas equidistantes. Esto se obtiene mediante un instrumento que no es otro que un aguja magnética especial o en su defecto de este instrumento, con un compás.

Consiste en una caja de madera cuya base está marcada en grados. La caja tiene un eje de vidrio con dos líneas perpendiculares graduadas que facilitan la determinación de los ángulos. Una aguja montada con su chupitel y resaca viene en caja separada, completa el instrumento.

Para montarlo coloque la caja-base y monte la aguja convenientemente. La aguja está contrabala en tal forma que, en el centro de gravedad queda debajo del centro de suspensión, de modo que siempre se mantenga horizontal.

Para determinar  $\lambda$  con este instrumento o con una aguja de mano, lo más conveniente es observar la deflexión de la aguja en los puntos de máxima y mínima deflexión. A este fin se debe colocar la aguja en los puntos de máxima y mínima deflexión, anotando el ángulo de deflexión en cada caso. El ángulo de deflexión en el punto de máxima deflexión se llama  $\lambda_1$  y el ángulo de deflexión en el punto de mínima deflexión se llama  $\lambda_2$ . El ángulo de deflexión en el punto de máxima deflexión se llama  $\lambda_1$  y el ángulo de deflexión en el punto de mínima deflexión se llama  $\lambda_2$ .

Para determinar  $\lambda$  con este instrumento o con una aguja de mano, lo más conveniente es observar la deflexión de la aguja en los puntos de máxima y mínima deflexión. A este fin se debe colocar la aguja en los puntos de máxima y mínima deflexión, anotando el ángulo de deflexión en cada caso. El ángulo de deflexión en el punto de máxima deflexión se llama  $\lambda_1$  y el ángulo de deflexión en el punto de mínima deflexión se llama  $\lambda_2$ .

Para determinar  $\lambda$  con este instrumento o con una aguja de mano, lo más conveniente es observar la deflexión de la aguja en los puntos de máxima y mínima deflexión. A este fin se debe colocar la aguja en los puntos de máxima y mínima deflexión, anotando el ángulo de deflexión en cada caso. El ángulo de deflexión en el punto de máxima deflexión se llama  $\lambda_1$  y el ángulo de deflexión en el punto de mínima deflexión se llama  $\lambda_2$ .

Para determinar  $\lambda$  con este instrumento o con una aguja de mano, lo más conveniente es observar la deflexión de la aguja en los puntos de máxima y mínima deflexión. A este fin se debe colocar la aguja en los puntos de máxima y mínima deflexión, anotando el ángulo de deflexión en cada caso. El ángulo de deflexión en el punto de máxima deflexión se llama  $\lambda_1$  y el ángulo de deflexión en el punto de mínima deflexión se llama  $\lambda_2$ .

Para esto, se determinan los períodos T de una rosa en tierra y T' a bordo en diferentes sitios, aplicando el método de cálculo ya descrito para obtener  $\lambda$  ( $\lambda_1$ ).

La media de T en tierra y T' a bordo se llama T. La media de T en tierra y T' a bordo se llama T. La media de T en tierra y T' a bordo se llama T.

La media de T en tierra y T' a bordo se llama T. La media de T en tierra y T' a bordo se llama T. La media de T en tierra y T' a bordo se llama T.

La media de T en tierra y T' a bordo se llama T. La media de T en tierra y T' a bordo se llama T. La media de T en tierra y T' a bordo se llama T.

## CAPITULO XV

### COMPENSACION DE COMPASES

**Contrarrestar los desvíos - Fórmulas del desvío semicircular, cuadrantal, constante y del desvío total o de Smith - Análisis, cálculo y estudio de los coeficientes y su corrección - Error de escora - Período de las rosas - Pruebas, precauciones y métodos para compensar Tablas para colocar Flinders y esferas.**

#### 15.00 CONTRARRESTAR LOS DESVIOS.

Se llama compensar un compás a la operación de anular sus desvíos o por lo menos disminuirlos todo lo posible. Para este efecto, se contrarrestarán las fuerzas perturbadoras producidas por los fierros del buque; por medio de imanes, los que se deben al magnetismo permanente; y por medio de fierros dulces, los que se deben al magnetismo inducido. Estos se colocan cerca de la aguja de manera que ejerzan sobre ella fuerzas iguales y contrarias a las anteriores.

En consecuencia se contrarrestará:

a) Los componentes P y Q con imanes permanentes longitudinales y transversales respectivamente, colocados en la bitácora del compás. La componente R con imanes verticales colocados en la bitácora.

b) El magnetismo inducido de los parámetros " $-a$ " y " $-e$ " por medio de esferas de fierro dulce instaladas en las consolas de la bitácora.

c) El magnetismo inducido de los fierros dulces verticales representados por " $c$ ", por medio de la "barra Flinders", fierro dulce colocado en la bitácora.

Aparte de la reducción de los desvíos, la compensación hace constante la fuerza directriz a casi todos los rumbos y da más estabilidad y precisión a las indicaciones de la rosa que permanece prácticamente inmóvil con respecto al meridiano magnético.

Anular los desvíos significa reducir a cero los coeficientes. Se llaman coeficientes, los efectos que producen los diferentes parámetros y el magnetismo permanente sobre la aguja del compás.

En el Capítulo XIV al estudiar el magnetismo y sus efectos en los buques, vimos que las diferentes causas de los desvíos, se expresan en funciones trigonométricas del rumbo del compás, seno y coseno del  $R_c$  y seno y coseno de  $2R_c$ . De todas las influencias perturbadoras a que está expuesto un compás por los fierros del buque, que ya hemos visto, Archibaldo Smith dedujo su fórmula, que da el desvío a cualquier proa conociendo los coeficientes, o teniendo desvíos a varios proas y poder calcular los coeficientes.

En efecto, hagamos un resumen del desvío que producen las componentes del magnetismo permanente y los diferentes parámetros que hemos estudiado, y tendremos:



## DESUDIO SEMICIRCULAR

## COMPONENTES P Y Q.

Sus efectos varían directamente proporcional a sen Rc y cos Rc respectivamente, e inversamente proporcional a la fuerza directriz a bordo ( $\lambda H$ ).

Por consiguiente:

$$\text{Desvío debido a P} \quad \Delta P = \frac{P \operatorname{Sen} Rc}{\lambda H}$$

$$\text{Desvío debido a Q} \quad \Delta Q = \frac{Q \cos Rc}{\lambda H}$$

## PARAMETROS "c" y "f".

Sus efectos varían directamente con Z, (fuerza vertical del magnetismo terrestre), inversamente con la fuerza directriz a bordo ( $\lambda H$ ) y, directamente con el sen Rc y cos Rc respectivamente.

Por consiguiente:

$$\text{Desvío debido a "c".} \quad \Delta c = \frac{c Z \operatorname{sen} Rc}{\lambda H} = \frac{c \operatorname{sen} Rc \operatorname{tg} \Theta}{\lambda}$$

$$\text{Desvío debido a "f".} \quad \Delta f = \frac{f Z \cos Rc}{\lambda H} = \frac{f \cos Rc \operatorname{tg} \Theta}{\lambda}$$

## DESUDIO CUADRANTAL

## PARAMETROS "-a" y "-e".

Sus efectos son la resultante del magnetismo que adquieren en conjunto los parámetros "-a" y "-e", varía directamente proporcional a H e inversamente proporcional a  $\lambda H = H'$  (fuerza directriz a bordo) y directamente con el seno 2 Rc, como se vio anteriormente.

Por consiguiente:

$$\Delta (-a - e) = \frac{(a - e) H}{2 \lambda H} \quad \operatorname{sen} 2 Rc = \frac{(a - e) \operatorname{sen} 2 Rc}{2 \lambda}$$

### PARAMETROS "+b" y "+d".

Sus efectos en cuanto a las fuerzas directrices son semejantes al de "+a" y "-e", pero en el Capítulo XIV vimos que varía con el  $\cos 2 R_c$ , luego:

$$\Delta (b+d) = \frac{(b+d) \cos 2 R_c}{2 \lambda}$$

### DESVIO CONSTANTE

### PARAMETROS "+d" y "-b".

Sus efectos en cuanto a las fuerzas directrices son semejantes a los dos anteriores, pero analizando sus curvas, Capítulo XIV, se vé que dan un desvío constante, luego:

$$\Delta (+d - b) = \frac{d - b}{2 \lambda}$$

### 15.01 FORMULA DEL DESVIO TOTAL.

Si juntamos todos los efectos (desvíos) anteriores agupándolos convenientemente, obtendremos la fórmula del desvío. Luego:

$\Delta$  total = Desvío constante + Desvío Semicircular + Desvío Cuadrantal. Es decir:

$$\Delta \text{ total} = \Delta (+d-b) + \Delta P + \Delta c + \Delta Q + \Delta f + \Delta (a-e) + \Delta (b+d).$$

Reemplazados por sus valores, tendremos:

$$\Delta \text{ Total} = \frac{d-b}{2\lambda} + \frac{P}{\lambda H} \sin R_c + \frac{c}{\lambda} \operatorname{tg} \Theta \sin R_c + \frac{Q}{\lambda H} \cos R_c + \frac{f}{\lambda} \operatorname{tg} \Theta \cos R_c + \frac{a-e}{2\lambda} \sin 2R_c + \frac{b+d}{2\lambda} \cos 2R_c$$

$$\Delta \text{ total} = \frac{d-b}{2\lambda} + \left( \frac{P}{\lambda H} + \frac{c}{\lambda} \operatorname{tg} \Theta \right) \sin R_c + \left( \frac{Q}{\lambda H} + \frac{f}{\lambda} \operatorname{tg} \Theta \right) \cos R_c + \frac{a-e}{2\lambda} \sin 2R_c + \frac{b+d}{2\lambda} \cos 2R_c$$

Si en la fórmula anterior reemplazamos:

$\frac{d-b}{2\lambda}$  por la letra "A".

$\frac{P}{\lambda H} + \frac{c}{\lambda} \operatorname{tg} \Theta$  por la letra "B".

$\frac{Q}{\lambda H} + \frac{f}{\lambda} \operatorname{tg} \Theta$  por la letra "C".

$\frac{a-e}{2\lambda}$  por la letra "D".

$\frac{b+d}{2\lambda}$  por la letra "E".

obtendremos la siguiente fórmula más simple:

$\Delta = A + B \sin R_c + C \cos R_c + D \sin 2R_c + E \cos 2R_c$  que es la llamada fórmula de Archibaldo Smith, o ecuación aproximada del desvío, en la cual, las letras A, B, C, D y E se llaman "Coeficientes aproximados" y representan como hemos visto, los efectos de los diferentes parámetros y el magnetismo permanente;  $\Delta$ , es el desvío a una proa cualquiera y,  $R_c$ , el rumbo del compás.

La fórmula de Smith se compone como hemos visto: de una parte constante "A", que es independiente del rumbo; de otra "B  $\sin R_c + C \cos R_c$ ", cuyo período es media circunferencia y se llama "desvío semi-circular" y una tercera "D  $\sin 2R_c + E \cos 2R_c$ ", cuyo período es de 90° y se llama "desvío Cuadrantal".



### 15.02 ANALISIS DE LOS DESVIOS.

Consiste en determinar el valor de los coeficientes aproximados. El propósito del análisis es poder conocer las propiedades magnéticas del buque. Esto proporciona las bases para la colocación de los correctores y contribuye al perfeccionamiento en el ajuste del compás.

Sin un análisis, el ajuste de un compás es un proceso más o menos mecánico. Menos errores se cometen por la persona que entiende la naturaleza del campo magnético que se busca neutralizar.

El primer paso en un análisis es determinar los desvíos del compás a las proas cardinales e intercardinales.

Sucede a veces, que al hacer lo anterior con compases sin ningún corrector colocado, aparecen desvíos sumamente grandes, que podría llevar a un análisis equivocado. Para evitar esto, es conveniente reducir previamente estos desvíos a límites razonables. Esto puede obtenerse utilizando cualquiera de los dos sistemas que se indican:

a) Colocando correctores de acuerdo con un historial magnético del buque o de otro buque similar.

b) Colocando correctores para contrarrestar por aproximación el efecto de P y Q, y de los parámetros  $a$ ,  $e$  y  $c$ . Esta corrección preliminar se efectúa en el orden siguiente:

1º) Los parámetros " $a$ " y " $e$ ", colocando esferas del tamaño correspondiente y a distancia aproximada.

2º) El parámetro " $c$ " colocando barra flinders, caso se tengan datos para hacerlo.

3º) El error de escora, con imanes verticales, a las proas E ó W si lo hace con balanza; o a las proas N ó S, si lo hace anulando las oscilaciones producidas por el balance.

4º) La componente P, a la proa E ó W, con imanes longitudinales, hasta eliminar todo el desvío que existe.

5º) La componente Q, a la proa N ó S con imanes transversales, anulando todo el desvío que aparezca.

6º) Con proa intercardinal corregir todo el desvío que aparezca, alejando o acercando las esferas.

7º) Tomar tablilla de desvío final. Esta tablilla será lo suficiente chica para poderla analizar; es decir, con los desvíos obtenidos calcular los "coeficientes aproximados" y con ellos proceder al ajuste del compás.

Cuando un buque da una vuelta al horizonte, para obtener una tablilla de desvíos, antes de tomar el desvío, debe permanecer un tiempo mínimo de 4 minutos a cada uno de los siguientes rumbos del compás N-NE-E-SE-S-SW-W-NW y en cada uno de ellos se determinará el desvío.

La corrección exacta de cada una de las componentes que producen desvíos, depende de la exactitud con que se determinan los desvíos a cada una de las proas indicadas.

Los desvíos determinados nos permiten calcular el valor de cada uno de los coeficientes aproximados por la fórmula de Smith.

### 15.03 CALCULO DE LOS COEFICIENTES APROXIMADOS A OCHO PROAS EQUIDISTANTES.

De la fórmula de Smith, puede deducirse el valor de los coeficientes aproximados con bastante exactitud, conociendo los desvíos a ocho proas equidistantes.

Para esto se plantean las ocho ecuaciones, reemplazando, en cada proa el valor de  $\Delta$  por el desvío correspondiente y las funciones trigonométricas por su valor numérico; procediéndose enseguida a despejar cada coeficiente.

Como ejemplo, desarrollaremos y deduciremos la fórmula correspondiente al valor del coeficiente B, por ser una de las más largas, pudiéndose deducir fácilmente las demás por su similitud con ésta.

Fórm. Smith :  $\Delta = A+B \operatorname{sen} R_C+C \cos R_C+D \operatorname{sen} 2 R_C+E \cos 2 R_C$

Proa al N :  $\Delta = A+C+E$

Proa al NE :  $\Delta = A+0,71B+0,71C+D$  luego  $0,71B = \Delta-A-0,71C-D$

Proa al E :  $\Delta = A+B-E$  "  $B = \Delta-A+E$

Proa al SE :  $\Delta = A+0,71B-0,71C-D$  "  $0,71B = \Delta-A+0,71C+D$

Proa al S :  $\Delta = A-C+E$

Proa al SW :  $\Delta = A-0,71B-0,71C+D$  "  $0,71B = A-\Delta-0,71C+D$

Proa al W :  $\Delta = A-B-E$  "  $B = A-\Delta-E$

Proa al NW :  $\Delta = A-0,71B+0,71C-D$  "  $0,71B = A-\Delta+0,71C-D$

ordenando nos queda:

$$\text{Al E : } B = \Delta - A + E$$

$$\text{Al W : } B = A - \Delta - E$$

$$\text{Al NE : } 0,5B = +0,71\Delta - 0,71A - 0,51C - 0,71D$$

$$\text{Al SE : } 0,5B = +0,71\Delta - 0,71A + 0,51C + 0,71D$$

$$\text{Al SW : } 0,5B = -0,71\Delta + 0,71A - 0,51C + 0,71D$$

$$\text{Al NW : } 0,5B = -0,71\Delta + 0,71A + 0,51C - 0,71D$$

Se han multiplicado todas estas ecuaciones por 0,71.

$$\text{Suma : } 4B = \Delta E - \Delta W + 0,71(\Delta NE + \Delta SE - \Delta SW - \Delta NW)$$

$$\text{Entonces } B = \frac{\Delta E - \Delta W + 0,71(\Delta NE + \Delta SE - \Delta SW - \Delta NW)}{4}$$

En la misma forma se puede deducir que:

$$A = \frac{\Delta N + \Delta NE + \Delta E + \Delta SE + \Delta S + \Delta SW + \Delta W + \Delta NW}{8}$$

$$C = \frac{\Delta N - \Delta S + 0,71(\Delta NE - \Delta SW - \Delta SE + \Delta NW)}{4}$$

$$D = \frac{\Delta NE + \Delta SW - \Delta SE - \Delta NW}{4}$$

$$E = \frac{\Delta N + \Delta S - \Delta E - \Delta W}{4}$$

#### 15.04 CALCULO DE LOS COEFICIENTES EXACTOS.

Como veremos a continuación, en el cálculo de  $\lambda$  media se necesita conocer el valor de los coeficientes exactos. Estos se representan por las letras  $A'$ ,  $B'$ ,  $C'$ ,  $D'$  y  $E'$  y su valor actual es equivalente al seno de los coeficientes aproximados ya calculados, luego:

$$A' = \operatorname{sen} A; B' = \operatorname{sen} B; C' = \operatorname{sen} C; \\ D' = \operatorname{sen} D; E' = \operatorname{sen} E.$$

#### 15.05 CALCULO DE $\lambda$ MEDIA.

En el Capítulo XIV vimos como obtener el valor del coeficiente  $\lambda$  para una proa cualquiera.

Conociendo los coeficientes podemos determinar  $\lambda$  media, mediante la fórmula siguiente:

$$\lambda = \frac{T^2}{(T')^2} \times \frac{\cos \Delta}{1 + B' \cos R_{mg} - C' \operatorname{sen} R_{mg} + D' \cos 2 R_{mg} - E' \operatorname{sen} 2 R_{mg}}$$



Para esto debe haberse determinado el período en tierra y a bordo (T y T' respectivamente) en el mismo lugar y el de a bordo a la proa considerada. El desvío que se usa será el deducido de la tablilla correspondiente.

Rmg es la proa magnética.

#### 15.06 DETERMINACION DE LOS COEFICIENTES APROXIMADOS EN EL FORMULARIO REGLAMENTARIO.

Indicamos a continuación junto con un ejemplo, el formulario reglamentario en uso en la Armada:

#### EJEMPLO:

En un compás se observaron los siguientes desvíos:

N = -21°; NE = -10°; E = -2°; SE = +4°;  
S = +20°; SW = +23°; W = +5°; NW = -17°.

Se pide calcular los coeficientes aproximados. Para 8 proas equidistantes.

| CALCULO DE A |         | CALCULO DE B |          | CALCULO DE C |          | CALCULO DE D |          | CALCULO DE E |          |
|--------------|---------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|--------------|----------|
| Proas        | Desvíos | F            | Producto | F            | Producto | F            | Producto | F            | Producto |
| 000          | -21°    | 0            | —        | 1            | -21,0    | 0            | —        | 1            | -21,0    |
| 045          | -10°    | 0,71         | -7,1     | 0,71         | -7,1     | 1            | -10,0    | 0            | —        |
| 090          | -2°     | 1            | -2,0     | 0            | —        | 0            | —        | -1           | +2,0     |
| 135          | +4°     | 0,71         | +2,8     | -0,71        | -2,8     | -1           | -4,0     | 0            | —        |
| 180          | +20°    | 0            | —        | -1           | -20,0    | 0            | —        | 1            | +20,0    |
| 225          | +23°    | -0,71        | -16,3    | -0,71        | -16,3    | 1            | +23,0    | 0            | —        |
| 270          | +5°     | -1           | -5,0     | 0            | —        | 0            | —        | -1           | -5,0     |
| 315          | -17°    | -0,71        | +12,0    | 0,71         | -12,0    | -1           | +17,0    | 0            | —        |
| Suma +       | 52      |              | +14,8    |              | —        |              | +40,0    |              | +22,0    |
| Suma -       | 50      |              | -30,4    |              | -79,2    |              | -14,0    |              | -26,0    |
| 8A =         | +2°     | 4B =         | -15,6    | 4C =         | -79,2    | 4D =         | +26,00   | 4E =         | -4,0     |
| A =          | +0,25   | B =          | -3°,9    | C =          | -19°,8   | D =          | +6°,50   | E =          | -1°,00   |

Los coeficientes así determinados se corrigen de acuerdo como se explica más adelante en este mismo capítulo.

"F" es el factor que depende del seno o coseno del Rc por el cual se multiplican los desvíos.

NOTA: El producto del "desvío" por el factor "F" puede obtenerse rápidamente por la Tabla de Estima N° 3 entrando con 45° como rumbo y con el desvío como distancia; encontrará el producto con las columnas "Lat." y "Dep" que en este caso son iguales (seno y coseno de 45°).

Cuando los desvíos son menores de 20 grados, se pueden utilizar fórmulas más simples que las anteriores para calcular los coeficientes y aunque éstos no son exactos como los obtenidos con el sistema descrito, responden a los fines perseguidos en la práctica. En efecto, de la fórmula de Smith:

$$\Delta = A + B \sin Rc + C \cos Rc + D \sin 2 Rc + E \cos 2 Rc$$

deduce:

A los rumbos cardinales:

$$\begin{aligned}\Delta N &= A + C + E \quad (1) \\ \Delta E &= A + B - E \quad (2) \\ \Delta S &= A - C + E \quad (3) \\ \Delta W &= A - B - E \quad (4) \quad \text{Sumando}\end{aligned}$$

queda  $\Delta N + \Delta E + \Delta S + \Delta W = 4 A$

$$\Delta N + \Delta E + \Delta S + \Delta W$$

Entonces  $A = \frac{\Delta N + \Delta E + \Delta S + \Delta W}{4}$

4

si despejamos a B en las ecuaciones (2) y (4) tenemos:

$$\begin{aligned}B &= \frac{\Delta E - A + E}{2} \\ B &= \frac{\Delta W + A - E}{2}\end{aligned}$$

sumando  $2B = \Delta E - \Delta W$

$$\text{luego } B = \frac{\Delta E - \Delta W}{2}$$

si despejamos a C en las ecuaciones (1) y (3) tenemos:

$$\begin{aligned} C &= \Delta N - A - E \\ C &= -\Delta S + A + E \\ \text{sumando } 2C &= \Delta N - \Delta S \\ C &= \frac{\Delta N - \Delta S}{2} \end{aligned}$$

A los rumbos intercardinales o cuadrantales (sen 45 = 0,71 cos 45 = 0,71).

$$\begin{aligned} \Delta \text{ NE} &= A + 0,71 (B + C) + D \\ \Delta \text{ SE} &= A + 0,71 (B - C) - D \\ \Delta \text{ SW} &= A - 0,71 (B + C) + D \\ \Delta \text{ NW} &= A - 0,71 (B - C) - D \end{aligned}$$

Despejando a D en las ecuaciones anteriores tenemos

$$\begin{aligned} D &= \Delta \text{ NE} - A - 0,71 (B + C) \\ D &= -\Delta \text{ SE} + A + 0,71 (B - C) \\ D &= \Delta \text{ SW} - A + 0,71 (B + C) \\ D &= -\Delta \text{ NW} + A - 0,71 (B - C) \\ \text{Sumando } 4D &= \Delta \text{ NE} + \Delta \text{ SW} - \Delta \text{ SE} - \Delta \text{ NW} \\ \text{luego } D &= \frac{\Delta \text{ NE} + \Delta \text{ SW} - \Delta \text{ SE} - \Delta \text{ NW}}{4} \end{aligned}$$

Si ahora despejamos E de las mismas ecuaciones tendremos:

$$\begin{aligned} E &= \Delta N - A - C \\ E &= -\Delta E + A + B \\ E &= \Delta S - A + C \\ E &= -\Delta W + A - B \\ \text{Sumando } 4E &= \Delta N + \Delta S - \Delta E - \Delta W \\ \text{luego } E &= \frac{\Delta N + \Delta S - \Delta E - \Delta W}{4} \end{aligned}$$

Para determinar A es conveniente sacar el promedio a las ocho proas en vez de 4.

Al trabajar con estas fórmulas debe tenerse mucho cuidado en el desarrollo aritmético; pues los desvíos se aplican con sus signos.

## 15.07 ESTUDIO DE LOS COEFICIENTES.

### COEFICIENTE "A".

El coeficiente "A" representa un desvío constante a todas las proas, es decir, que no varía con el rumbo, ni con H, ni ningún factor magnético.

Se debe a:

1º) Que el compás no se encuentra en el eje longitudinal del buque. Esto origina desvíos causados por la combinación de los parámetros "b" y "d"; desvíos que resultan constantes a todas las proas.

2º) Que el buque no esté adrizado al tomar el azimut del compás para calcular su desvío. Esta causa hace actuar a los fierros "g", "h" y "k", y a la componente R del magnetismo permanente como desvío anormal en la rosa.

3º) No estar el tiempo mínimo de cuatro minutos a cada proa antes de tomar el desvío. Esto provoca el error Gaussin, producido por el magnetismo remanente; es de signo constante según al lado a que se viere.

4º) Mala observación del azimut.

5º) Alidada no horizontal al demarcar.

6º) Error en la variación magnética usada.

7º) Que los compases cuyos desvíos se determinan comparando las indicaciones de su línea de fe, con la línea de fe magistral, no son paralelos al eje de la quilla y por lo tanto entre sí.

En los magistrales la causa 7 no aparece en "A", puesto que para tomar azimutes y determinar el desvío, para nada se toma en cuenta su línea de fe. Veremos después que en los compases que no son el magistral, puede corregirse "A" con la línea de fe.

Las causas 1, 2 y 3 son magnéticas, que casi nunca existen o se pueden evitar.

La causa 6, veremos luego como se evita. La 4 y 5 son causas de mala observación únicamente. "A" no debe ser nunca mayor de 1º y su valor se obtiene de la media de todos los desvíos. Ya veremos que si no hay causas anormales, la suma de los desvíos será igual a cero. Si hay



diferencia, la media de ésta será "A" para todas las proas y, nos representará la suma de todos los errores de observación cometidos en cada observación.

Luego en un compás que aparezca "A", éste lo corregiremos a todas las proas, como si fuera desvío, además de corregir el desvío.

Para evitar la causa 6 (usar una variación magnética errónea en una compensación) no debe tomarse la Vmg de la carta para calcular los desvíos, sino la que resulte como media del compás a proas equidistantes; entonces el desvío así obtenido estará ya corregido del valor de "A".

Como se ve, al determinar los desvíos en esta forma, restando la Variación Magnética Observada (Vmg+A), se obtienen los desvíos corregidos de "A".

En cambio, si se emplea la Vmg de la carta, a cada desvío que resulte hay que corregirle todavía el valor de "A" para obtener la desviación total que realmente tiene la aguja a cualquier proa. O sea, a cada proa, además de corregir el desvío, corregirle el valor de "A" con su signo, como un desvío adicional, igual y del mismo signo para todos, que el compás tiene a cada proa.

Veremos un ejemplo:

En efecto:

$$\text{Proa N} - \text{Azv} - \text{Azc} = \text{Error al S} = (\text{Vmg} + \text{A}) - \Delta.$$

$$\text{Proa S} - \text{Azv} - \text{Azc} = \text{Error al N} = (\text{Vmg} + \text{A}) + \Delta.$$

$$\text{Sumando : 2 Errores} = (\text{Vmg} + \text{A})$$

$$\text{Error} = 2 (\text{Vmg} + \text{A})$$

$$\text{y por consiguiente } \Delta = \text{Error} - (\text{Vmg} + \text{A}).$$

Se determinaron lo siguientes Azv y Azc.

| Proa | Azv   | Azc   | Error | $\Delta$ |
|------|-------|-------|-------|----------|
| N    | 262°2 | 249°0 | +13°2 | -3°6     |
| NE   | 263°5 | 248°0 | 15°5  | -1°3     |
| E    | 265°0 | 251°5 | 13°5  | -3°3     |
| SE   | 256°7 | 242°8 | 13°9  | -2°9     |
| S    | 258°4 | 236°3 | 22°1  | +5°3     |
| SW   | 259°3 | 234°0 | 25°3  | +8°5     |
| W    | 260°2 | 241°0 | 19°2  | +2°4     |
| NW   | 261°2 | 249°3 | 11°9  | -4°9     |

$$\text{Suma} = 134°6$$

$$(\text{Vmg} + \text{A}) = \text{Error medio} = + 16°8$$

En los desvíos anteriores, determinados empleando el Error Medio, está ya, en cada uno de ellos, el coeficiente "A" corregido y éste no es necesario corregirlo nuevamente a un rumbo, a un azimut, o una demarcación.

Por ejemplo en un lugar donde la  $V_{mg} = 10^\circ E$ . se quiere navegar al  $090^\circ$  verdadero. ¿Qué rumbo se pone en el compás?

$$\begin{aligned} R_v &= 090^\circ \\ V_{mg} &= 10^\circ E. \\ R_{mg} &= 080^\circ \\ \Delta &= 3^\circ,3 W \\ R_c &= 083^\circ,3 \end{aligned}$$

Determinemos ahora los desvíos, usando la variación magnética de la Carta que era de  $15^\circ E$ , en vez de la  $16^\circ,8 E$ . determinada en la Tabla anterior.

| Proa       | Azv    | $V_{mg}$ | Azmg   | Azc    | $\Delta$                                                                                                                                                 |
|------------|--------|----------|--------|--------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| N          | 262°,2 | 15° E.   | 247°,2 | 249°,0 | - 1°,8                                                                                                                                                   |
| NE         | 263°,5 | 15° E.   | 248°,5 | 248°,0 | + 0°,5                                                                                                                                                   |
| E          | 265°,0 | 15° E.   | 250°,0 | 251°,5 | - 1°,5                                                                                                                                                   |
| SE         | 256°,7 | 15° E.   | 241°,7 | 242°,8 | - 1°,1                                                                                                                                                   |
| S          | 258°,4 | 15° E.   | 243°,4 | 236°,3 | + 7°,1                                                                                                                                                   |
| SW         | 259°,3 | 15° E.   | 244°,3 | 234°,0 | + 10°,3                                                                                                                                                  |
| W          | 260°,2 | 15° E.   | 245°,2 | 241°,0 | + 4°,2                                                                                                                                                   |
| NW         | 261°,2 | 15° E.   | 246°,2 | 249°,3 | - 3°,1                                                                                                                                                   |
| Suma       |        |          |        |        | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;"> <math>= + 22^\circ,1</math><br/> <math>= - 7^\circ,5</math><br/> <math>= + 14^\circ,6</math> </div> |
| Entonces A |        |          |        |        | $= + 1^\circ,8$                                                                                                                                          |

Pongamos el rumbo  $083^\circ,3$  en el compás con  $V_{mg} = 10^\circ E$ , del ejemplo anterior; y obtendremos:

$$\begin{aligned} R_c &= 083^\circ,3 \\ \Delta &= - 1^\circ,5 \\ R_{mg} &= 081^\circ,8 \\ V_{mg} &= + 10^\circ E. \\ R_v &= 091^\circ,8 \end{aligned}$$

es decir, el buque queda navegando a un rumbo verdadero que no es el deseado; puesto que el rumbo deseado era al  $090^\circ$  verdadero. Así vemos también que, en vez de corregir  $- 1^\circ,5$  como desvío, debimos haber corregido  $- (1,5 + 1,8)$ , o sea  $- (\Delta + A) = - 3^\circ,3$ , que es el verdadero desvío, en el cual está incluido "A", tal como se obtuvo en el primer procedimiento.

Luego, para determinar los verdaderos desvíos, que tiene el compás, en vez de la  $V_{mg}$  de la Carta, debe emplearse siempre, el Error medio, como  $V_{mg}$  exacto. Este Error medio se llama "Variación Magnética Observada".

#### 15.08 VALORES DE "A" EN LA PRACTICA.

Hemos visto que el valor de "A", es la media de todos los desvíos a proas equidistantes y es igual también, a la diferencia que hay entre la " $V_{mg}$  de la Carta" y la " $V_{mg}$  Observada".

En el caso anterior tendríamos:

$$A = \text{media de los desvíos} = -1^\circ,8 \text{ y}$$

$$A = V_{mg} \text{ Carta} - V_{mg} \text{ observada} = 15^\circ - 16^\circ,8 = -1^\circ,8.$$

#### 15.09 CORRECCION DE "A".

En caso de existir en los compases magistrales se corrige a todas las proas como desvío.

En los compases que no se usan para tomar demarcaciones ni azimutes, sino solamente para dar rumbos, como el coeficiente "A" es constante a todos los rumbos puede corregirse con la línea de fe, desplazándola a la derecha si "A" es positivo y a la izquierda si es negativo, una cantidad de grados equivalentes al coeficiente "A". Hay que tener presente que, si se corre la línea de fe, no debe volver a corregirse el coeficiente "A" como desvío.



En los magistrales no puede hacerse esta corrección aparente, que sólo corrige a los rumbos el coeficiente "A". Con estos compases se toman azimutes o demarcaciones, sin tomar en cuenta donde está la línea de fe, luego, corriendo la línea de fe no se corrigen las demarcaciones ni azimutes.

#### 15.10 DETERMINACION DE LA VARIACION MAGNETICA.

Hemos visto que la Variación Magnética es la media de los Errores siempre que "A" sea igual a cero. Si conocemos el coeficiente "A", fácilmente se obtiene la Vmg por observación de desvíos de un compás, a proas equidistantes, sabiendo que:

$$\begin{aligned} \text{Vmg observada} &= \text{Medio de Errores} \\ &= \text{Vmg} + A. \end{aligned}$$

$$\text{Entonces: Vmg} = \text{Media Errores} - A.$$

#### 15.11 COEFICIENTE "B".

Representa la primera parte del desvío semi-circular, causado por la fuerza magnética en el eje longitudinal del buque compuesto por:

a) La componente "P" del magnetismo permanente y

b) El magnetismo inducido de los fierros dulces verticales simétricos "c".

Sabemos también, que ambos factores varían sus efectos de acuerdo con el seno del rumbo del compás, luego es máximo a las proas E. y W. y nulo a las de N. y S.

El coeficiente "B" se determina conforme se explicó en el párrafo 15.03.

$$\text{Entonces } B^{\circ} = \Delta P + \Delta c.$$

Pero sus efectos serán inversamente proporcionales a  $H'$  (fuerza horizontal a bordo) y los efectos de "c" variarán además, directamente proporcional a la componente "vertical" "Z" del magnetismo terrestre, luego la relación anterior nos quedará en la forma siguiente:

$$\text{como } \lambda = \frac{H'}{H}$$

$$\text{Entonces } H' = \lambda H$$

$$\text{Luego } B = \frac{P}{\lambda H} + \frac{cZ}{\lambda H}$$

$$\text{Entonces } B\lambda H = P + cZ$$

Por otra parte sabemos que:

$$\text{tg} \ominus = \frac{Z}{H} \quad \therefore Z = H \text{tg} \ominus$$

donde  $\ominus$  es igual a la inclinación

$$\text{Entonces } B\lambda H = P + cH \text{tg} \ominus$$

#### 15.12 CORRECCION DEL COEFICIENTE "B".

Para corregir "B" se necesita conocer el valor del magnetismo permanente "P" y el valor del magnetismo inducido "c". El primero se corrige con imanes que se colocan en la bitácara del compás en el sentido longitudinal del buque. El segundo se corrige con barras de fierro dulce colocadas en forma vertical en el compás. Esta barra se llama Flinders y su calzo es un estuche de bronce, colocado por la cara de proa o de popa de la bitácara. El coeficiente "B" se corrige colocando el buque a la proa Este o Weste. La parte del desvío causado por la componente "P" se corrige con imanes longitudinales, colocados por pares para que la inducción en las esferas sea idéntica en cada una con:

Azul a popa cuando "P" es positivos (+P).  
Azul a proa cuando "P" es negativos (-P).

La parte correspondiente al parámetro "c" se corrige con barra Flinders colocada:

En cara de proa del compás cuando se tiene "-c".

En cara de popa del compás cuando se tiene "+c".

Esto en un compás magistral situado alto; en todo caso, una figura a mano alzada de un buque con proa al Este, indicará donde debe ir colocada la barra Flinders.

Para diferentes valores de "c" se necesitan diferentes largos de barra Flinders, los que se obtienen de Tablas o curvas como las que se indican al final de este capítulo.

Los valores de las Tablas están calculadas experimentalmente, llevando una rosa a tierra con una barra Flinders que se coloca a la misma distancia que a bordo y en la dirección Este o Weste de la rosa; como la barra Flinders está compuesta de varios trozos, se anotan las diferentes desviaciones que experimenta la rosa al ir variando los largos de la barra Flinders. Estas desviaciones divididas por lambda ( $\lambda$ ), nos darán los valores de "c" que corrige la barra en grados. Si no se conoce lambda ( $\lambda$ ) úsese 0,9.

En caso que no se posean datos necesarios para determinar la cantidad de Flinders a emplear, puede colocarse la cantidad que emplean otros buques de similar estructura.

Cuando el coeficiente "B" es mayor de  $10^\circ$  y se ignora el efecto de "c" es costumbre anular hasta  $10^\circ$  con imanes longitudinales y el resto con Flinders.

### 15.13 DETERMINAR EL VALOR DE "P" Y "c".

Hay varios métodos para determinar los valores de "P" y "c"; a continuación los veremos.

Conocemos la ecuación  $B\lambda H = P + cZ$  o bien  $B\lambda H = P + cHtg\Theta$ . En estas ecuaciones tenemos dos incógnitas, "P" y "c"; luego para resolverla necesitamos dos ecuaciones, o sea dos valores de "B" en diferentes latitudes magnéticas, debiendo el compás estar en iguales condiciones en cuanto a la ubicación de los correctores, para que así los diferentes valores de "B" se deban a los factores de H y  $tg\Theta$  (dado por las cartas de valores magnéticos) y no a "P" y "c" que son las incógnitas por despejar.

EJEMPLO: Determinar los valores de "P" y "c" con los siguientes antecedentes:

| Lugar | B           | $\Theta$    | H   | $tg\Theta$ | $\lambda$ | $Htg\Theta(Z)$ |
|-------|-------------|-------------|-----|------------|-----------|----------------|
| Brest | $+19^\circ$ | $+67^\circ$ | 1,0 | 2,36       | 0,9       | 2,36           |
| Dakar | $+10^\circ$ | $+32^\circ$ | 1,6 | 0,62       | 0,9       | 0,99           |

$$B\lambda H = P + cZ \quad \text{o} \quad B\lambda H = P + cHtg\Theta$$

$$\begin{aligned} \text{Brest} \quad 19 \times 0,9 \times 1,0 &= P + c \times 2,36 \\ &+ 17,1 = P + c \times 2,36 \quad (a) \\ \text{Dakar} \quad 10 \times 0,9 \times 1,6 &= P + c \times 0,99 \\ &+ 14,4 = P + c \times 0,99 \quad (b) \end{aligned}$$

|          |            |              |          |
|----------|------------|--------------|----------|
| a) Brest | $+ 17,1 =$ | $P + 2,36 c$ | Restamos |
| b) Dakar | $+ 14,4 =$ | $P + 0,99 c$ |          |
|          | $2,7 =$    | $1,37 c$     |          |

$$\text{entonces } c = \frac{2,7}{1,37} = 1^\circ,97$$

Con este valor se entra a la Tabla para obtener la cantidad de Flinders que es necesaria al compás para corregir el error debido a "c". Al mismo tiempo que se corrige "c", habrá que corregir el error debido a "P" cuyo valor se obtiene de la fórmula  $P = B - c$ , siendo B el correspondiente al último lugar.

Entonces  $\Delta P = \Delta B - \Delta c = +14^\circ,4 - 1^\circ,97$ ,  $\Delta P = +12^\circ,41$  y se corrige conforme se ha explicado anteriormente, con imanes permanentes.

El valor de "c" puede también obtenerse en radianes; en ese caso la fórmula nos queda de la manera siguiente:  $\lambda H \text{ sen } B = P + cZ$ .

En efecto, la figura 15.13 nos muestra un buque en una latitud magnética cualquiera con proa al E del compás. Las agujas del compás están deflectadas desde el meridiano magnético un ángulo que es el desvío  $\Delta$ , originado por la fuerza  $P + cZ$ . Como esta fuerza tiene su máximo efecto cuando el buque tiene proa al E, actúa a ángulo recto a la aguja perturbada, esto es, a lo largo de CD.

La fuerza directriz en el compás es  $\lambda H$ . Esta fuerza puede ser descompuesta en dos componentes a ángulo recto una de otra, una actuando a lo largo de DC y la otra a lo largo de ED, siendo la componente "c" a lo largo de DC igual  $\lambda H \text{ sen } \Delta$ .

$$\left( \text{sen } \Delta = \frac{CD}{\lambda H} \right) \quad \text{luego } CD = \lambda H \text{ sen } \Delta$$

Siendo que el compás permanece en equilibrio, la fuerza perturbadora y la fuerza directriz deben ser iguales y opuestas, en otras palabras:  $\lambda H \text{ sen } \Delta$  es igual a  $P + cZ$ .

De aquí

$$\text{sen } B = P + cZ \quad (\text{en radianes}).$$

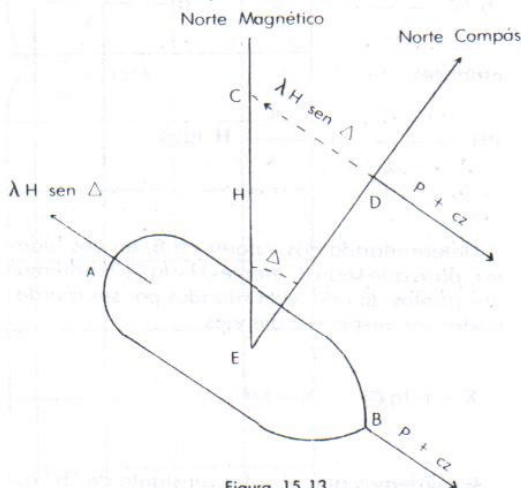


Figura 15.13

La misma tabla que da el "c" en grados tiene sus equivalentes en radianes.



#### 15.14 METODO DIAGRAMA DE PERRINS PARA DETERMINAR "P" Y "c".

Tenemos que  $B = \frac{P}{\lambda H} + \frac{cZ}{\lambda H}$

de donde  $BH = \frac{P}{\lambda} + \frac{cZ}{\lambda}$

En dos lugares diferentes tendremos:

$$BH_1 = \frac{P}{\lambda} + \frac{c}{\lambda} Z_1 \quad \text{siendo } Z = H \operatorname{tg} \ominus$$

$$BH_2 = \frac{P}{\lambda} + \frac{c}{\lambda} Z_2$$

En estas ecuaciones se conoce B, H y  $\operatorname{tg} \ominus$  y no se conoce "P" ni "c".

Podemos ver que estas ecuaciones son las de una línea recta:

$Y = ax + b$  en la que se conoce

$Y = BH$  y  $x = H \operatorname{tg} \ominus$

y se trata de determinar:

$$b = \frac{P}{\lambda} \quad \text{y} \quad a = \frac{c}{\lambda}$$

entonces:

$$BH = \frac{P}{\lambda} + \frac{c}{\lambda} H \operatorname{tg} \ominus$$

Determinando dos valores de B, en dos lugares, para que sean diferentes H y  $\operatorname{tg} \ominus$ , tendremos dos puntos de una recta situados por sus coordenadas con respecto a dos ejes.

$$X = H \operatorname{tg} \ominus \quad Y = BH$$

Recordemos que el valor constante de "b" corresponde al punto en que la línea recta corta al eje de las ordenadas, en nuestro caso corresponde al valor de P dividido por  $\lambda$ , enseguida

haciendo  $Z = -1$  (origen menos la unidad), deducimos el valor de  $Y = BH$  con la cual calcularemos "c". Para mejor entender hagamos el problema anterior por diagrama de Perrins.

En el problema anterior tenemos:

| Lugar | B    | $\ominus$ | H   | $\operatorname{tg} \ominus$ | $\lambda$ | $\frac{H \operatorname{tg} \ominus}{\lambda}$ |
|-------|------|-----------|-----|-----------------------------|-----------|-----------------------------------------------|
| Brest | +19° | +67°      | 1,0 | 2,36                        | 0,9       | 2,36                                          |
| Dakar | +10° | +32°      | 1,6 | 0,62                        | 0,9       | 0,99                                          |

Se construye el diagrama colocando en el eje de las abscisas valores de  $H \operatorname{tg} \ominus$ , y en el eje de las ordenadas valores de BH.

Se determina el punto de la recta en el primer lugar (Brest) con los valores de  $BH = 19^\circ$  y  $H \operatorname{tg} \ominus = 2^\circ,36$ .

Se fija el punto de la recta en el 2° lugar (Dakar) con los valores de  $BH = 16$  y  $H \operatorname{tg} \ominus = 0,99$ . Se unen por una recta los puntos anteriores determinados, la que cortará al eje de las ordenadas obteniendo el valor de P dividido por  $\lambda = 13^\circ,8$ . El corte de la prolongación de esta misma recta con la abscisa = 1 menos coordenadas del origen, en este caso = -1, da el valor de  $BH = 11,6$ .

Tenemos la fórmula  $BH = \frac{P}{\lambda} + \frac{cZ}{\lambda}$

pero como tenemos que  $Z = -1$

entonces  $BH = \frac{P}{\lambda} - \frac{c}{\lambda}$

$$\text{luego } 11,6 = 13,8 - \frac{c}{0,9}$$

entonces:

$$c = (13,8 - 11,6) \times 0,9 = 2,2 \times 0,9$$

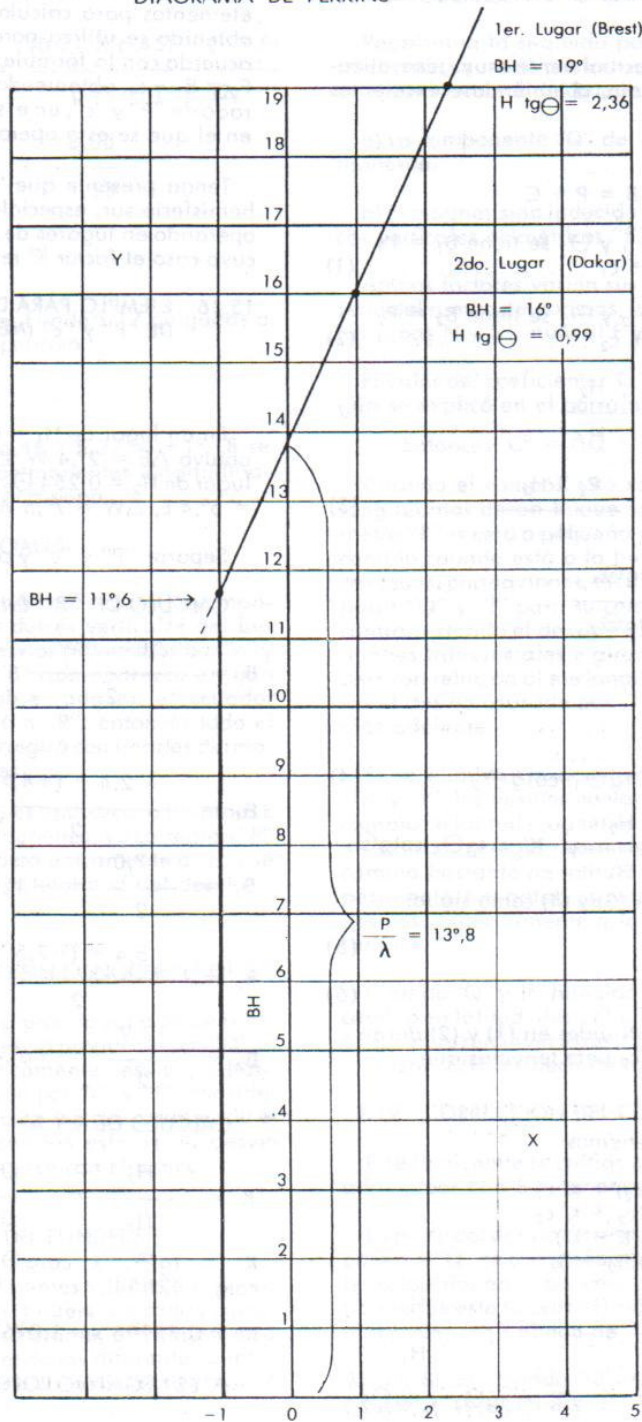
$$c = + 1^\circ,98$$

$$\frac{P}{\lambda} = 13^\circ,8$$

$$P = 13,8 \times \lambda = 13,8 \times 0,9 = 12^\circ,42$$

cuyos valores son idénticos a los determinados anteriormente.

## DIAGRAMA DE PERRINS





### 15.15 DETERMINAR "P" Y "c" POR METODO USN.

Este sistema, actualmente muy generalizado, es muy sencillo, obteniéndose excelentes resultados.

Sabemos que  $B = P + C$

En un lugar de  $H_1$  y  $\ominus_1$  se tiene  $B_1 = P_1 + c_1 \dots \dots \dots (1)$

En un lugar de  $H_2$  y  $\ominus_2$  se tiene  $B_2 = P_2 + c_2 \dots \dots \dots (2)$

$$\text{Pero } \frac{P_1}{P_2} = \frac{H_2}{H_1}$$

$$\text{de donde } P_1 = \frac{P_2 \times H_2}{H_1} \dots \dots \dots (3)$$

$$\text{Y } \frac{c_1}{c_2} = \frac{\text{tg } \ominus_1}{\text{tg } \ominus_2}$$

de donde

$$c_1 = c_2 \text{ tg } \ominus_1 \text{ cotg } \ominus_2 \dots \dots \dots (4)$$

$$\text{llamando } K = \frac{H_2}{H_1} \text{ y } K' = \text{tg } \ominus_1 \text{ cotg } \ominus_2$$

podemos escribir (3) y (4) como sigue:

$$P_1 = K P_2 \dots \dots \dots (5)$$

$$c_1 = K' c_2 \dots \dots \dots (6)$$

valores que substituidos en (1) y (2) darán

$B_1 = K P_2 + K' c_2$  pero tenemos que

$$P_2 = B_2 - c_2$$

reemplazando tenemos:

$$B_1 = K (B_2 - c_2) + K' c_2$$

$$B_1 = K B_2 - K c_2 + K' c_2$$

$$B_1 = K B_2 - c_2 (K - K')$$

$$c_2 (K - K') = K B_2 - B_1$$

$$c_2 = \frac{K B_2 - B_1}{K - K'} \text{ en donde } K = \frac{H_2}{H_1}$$

$$\text{y } K' = \text{tg } \ominus_1 \text{ cotg } \ominus_2$$

Fórmulas en las que se conocen todos los elementos para calcular "c", el que una vez obtenido se utiliza para el cálculo de "P" de acuerdo con la fórmula  $B_2 = P_2 + c_2$  entonces  $P_2 = B_2 - c_2$ , obteniendo con ello el valor separado de "P" y "c", en el segundo lugar, es decir en el que se está operando.

Tenga presente que "Z" es negativo en el hemisferio sur, especialmente cuando se está operando en lugares de distinto hemisferio en cuyo caso el factor K' resultará negativo.

### 15.16 EJEMPLO PARA DETERMINAR EL VALOR DE "P" Y "c" (METODO USN).

En un lugar de  $H_1 = 0,357$  y  $\ominus_1 = 37^\circ 14'$  obtuvo  $\Delta E = 2^\circ,4$  W,  $\Delta W = 4^\circ,6$  E y en otro lugar de  $H_2 = 0,254$  y  $\ominus_2 = -42^\circ 54'$  obtuvo  $\Delta E = 5^\circ,4$  E,  $\Delta W = 7^\circ,5$  W.

Separar "P" y "c" y cómo los corrige.

CALCULO DE "B" EN AMBOS LUGARES.

$$B = \frac{\Delta E - \Delta W}{2}$$

$$B_1 = \frac{-2,4 - (+4,6)}{2}$$

$$B_1 = \frac{-7,0}{2} = -3^\circ,5$$

$$B_2 = \frac{5,4 - (-7,5)}{2}$$

$$B_2 = \frac{12,9}{2} = +6^\circ,45$$

CALCULO DE K Y K'.

$$K = \frac{H_2}{H_1} = \frac{0,254}{0,357} = 0,71$$

$$K' = \text{tg } \ominus_1 \times \text{cotg } \ominus_2 = \text{tg } 37^\circ 14' \times \text{cotg } -42^\circ 54'$$

$$K' = 0,75996 \times -1,07613 = -0,81782.$$

(K' ES NEGATIVO PORQUE  $\ominus_2$  ES NEGATIVO).

CALCULO DE  $c_2$ .

$$c_2 = \frac{KB_2 - B_1}{K - K'} = \frac{(0,71 \times 6,45) - (-3,5)}{0,71 - (-0,82)}$$

$$= \frac{4,58 + 3,5}{1,53} = + \frac{8,08}{1,53}$$

$$c_2 = + 5^{\circ},27$$

De la curva o Tabla: Flinders 17 pulgadas a popa porque "c" es positivo.

CALCULO DE  $P_2$ .

$P_2 = B_2 - c_2 = +6,45 - 5,27 = +1^{\circ},18$  se corrige con imanes permanentes longitudinales por pares con azul a popa.

## 15.17 CASOS ESPECIALES.

En el ecuador magnético  $Z = 0$ , no hay imantación de los fierros dulces verticales del buque, luego no hay desvíos producidos por "c" y todo el coeficiente "B" que aparezca en una Tabla de desvíos observada en el ecuador magnético se deberá a "P", entonces todo el coeficiente "B" se corregirá con imanes permanentes longitudinales.

El desvío que después aparezca, a las proas E o W en otra latitud magnética, ya corregido "P" en el ecuador, se deberá únicamente a "c" y se corrige con Flinders la totalidad del desvío.

## COLOCAR FLINDERS SIN CONOCER "c" NI "f".

Colocándose a una proa igual a la de construcción, no habrá desvío producido por "Q" ni por "P", sino que únicamente desvío cuadrantal y desvío producido por "c" y "f", considerando A y E igual a cero. Luego, corrigiendo el desvío cuadrantal con las esferas, el desvío restante podrá corregirse con Flinders.

## COMPROBACION DEL FLINDERS.

Se determinan diferentes valores de "B" en distintos lugares, con Flinders colocado y calculando BH. Si BH es constante, el Flinders está bien, es decir, si uniendo los diferentes puntos de BH resulta una recta paralela al eje de las X (horizontal).

## 15.18 COEFICIENTE "C".

Representa la segunda parte del desvío semicircular causado por la fuerza magnética en el eje transversal del buque compuesta por:

a) La componente "Q" del magnetismo permanente.

b) El magnetismo inducido de los fierros dulces verticales asimétricos "f".

Ambos factores varían sus efectos con el coseno del rumbo del compás, luego es máximo a las proas N y S y nulo al E y W del compás.

El valor del coeficiente "C" se determina según se explicó en el párrafo 15.03.

Entonces:  $C^{\circ} = \Delta Q + \Delta f$ .

Cuando el compás está colocado en el eje longitudinal de un buque simétrico, el parámetro "f" es cero o pequeño y no se corrige, en cambio cuando está a la banda, como en las barcas, portaaviones, etc.; será necesario separar "Q" y "f" para su correcta eliminación, contrarrestando el desvío causado por "Q" con imanes transversales y girando la barra Flinders con relación al eje longitudinal para anular el desvío causado por "f", como se indica más adelante.

Si se eliminan exactamente los efectos de "Q" y "f", los desvíos no variarán a causa del cambio de latitud magnética del buque, pero si no se han corregido correctamente y la nave cambia bastante de latitud magnética, se experimentarán notables variaciones con los desvíos, especialmente a las proas N y S del compás.

Cuando "Q" y "f" han sido mal corregidos, el cambio en latitud afectará a los desvíos debido a "Q" en razón inversa de H; y los debido a "f" en razón Z/H; es decir de  $\text{tg } \ominus$ .

## 15.19 CORRECCION DEL COEFICIENTE "C".

Este coeficiente se corrige poniendo el buque a las proas N o S magnético.

La parte del desvío correspondiente a la componente "Q" se corrige con imanes transversales colocados en la bitácora por la cara contraria en que esté la barra Flinders para evitar su inducción, con:

Azul a Babor cuando "Q" es positivo (+Q).  
Azul a Estribor cuando "Q" es negativo (-Q).



La parte correspondiente al parámetro "f" es muy pequeño o no existe en los compases instalados en el eje longitudinal del buque (línea de crujía); luego; en éstos no se corrige. En cambio en compases instalados fuera del eje longitudinal o a una banda, el efecto de "f" aumenta y habrá que corregirlo, lo que se consigue, girando la posición de la barra Flinders con relación al eje longitudinal.

El cálculo del ángulo de giro se indica más adelante en este capítulo.

#### 15.20 DETERMINAR LOS VALORES DE "Q" Y "f".

Si fuera necesario determinar separadamente los valores de "Q" y "f", se hará por procedimientos similares a los usados para la separación de "P" y "c".

Así tenemos que  $C^0 = \Delta Q + \Delta f$ ; pero sus efectos serán inversamente proporcionales a  $H'$  y los efectos de "f" variarán además directamente proporcional a la componente vertical "Z" del magnetismo terrestre, luego la relación anterior nos queda:

$$C = \frac{Q}{H'} + \frac{f}{H'}$$

pero  $\lambda = \frac{H'}{H}$  entonces  $H' = \lambda H$

$$\text{luego: } C = \frac{Q}{\lambda H} + \frac{fZ}{\lambda H}$$

$$C\lambda H = Q + fZ \text{ en donde } Z = H \tan \theta$$

EN RADIANTES.

Si se desea trabajar en radianes en la fórmula anterior nos quedará:

$$\lambda H \text{ sen } C = Q + fZ.$$

Para corregir "C" se necesita conocer el valor de "Q" y "f". De esta manera las ecuaciones anteriores, tienen dos incógnitas y para resolverlas necesitamos dos ecuaciones, o sea dos valores de "C" en diferentes latitudes magnéticas; es decir que plantearemos dos ecuaciones simultáneas de la siguiente forma:

$$\begin{aligned} C_1 \lambda H_1 &= Q + fZ_1 \\ C_2 \lambda H_2 &= Q + fZ_2 \end{aligned}$$

Su solución algebraica nos dará el valor de "Q" y "f".

Cualquiera que sea el sistema que se emplee para separar "Q" y "f" debe cuidarse que los correctores no hayan sido movidos en el intervalo entre ambas observaciones.

#### 15.21 METODO DIAGRAMA DE PERRINS PARA SEPARAR "Q" Y "f".

La solución es similar a la que vimos para determinar los valores de "P" y "c" en el párrafo 15.14.

Las ordenadas representan los valores de CH y las abscisas los valores de "Z" es decir  $H \tan \theta$ . Fig. 15.21.

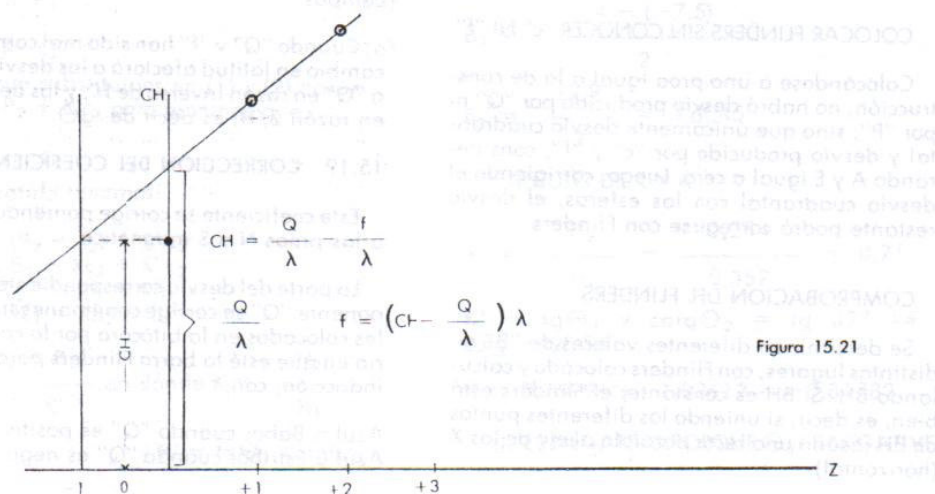


Figura 15.21.

### 15.22 DETERMINACION DE "Q" Y "f". METODO USN.

Las fórmulas para separar "Q" y "f" son en todo similares a los de "P" y "c", esto es:

En un lugar  $H_1$  y  $\Theta_1$  se tiene  $C_1 = Q_1 + f_1$  y en otro lugar  $H_2$  y  $\Theta_2$  se tiene  $C_2 = Q_2 + f_2$ .

$$\text{haciendo } K = \frac{H_2}{H_1} \text{ y } K' = \operatorname{tg} \Theta_1 \cotg \Theta_2$$

$$\text{entonces } f_2 = \frac{K C_2 - C_1}{K - K'} \text{ y } Q_2 = C_2 - f_2$$

( $K'$  es negativo cuando  $\Theta_1$  o  $\Theta_2$  es negativo).

### 15.23 CASOS ESPECIALES.

Navegando en el ecuador magnético donde "f" no se induce, todo el desvío que aparezca a las proas norte o sur se deberá únicamente a "Q". Bastará entonces corregir dicho desvío con imanes transversales. El desvío, que en otras latitudes magnéticas, aparezca a las proas norte o sur se deberá únicamente a "f" y se corrige girando la barra Flinders.

### 15.24 COEFICIENTE "D".

Representa la primera parte del desvío cuadrantal siendo causado por los parámetros "a" y "e" (inducción horizontal simétrica); varía con el seno de dos veces el rumbo del compás, luego tiene sus máximos a las proas intercardinales y es nulo a las cardinales. El coeficiente "D" se determina según se explica en el párrafo 15.03.

### 15.25 CORRECCION DEL COEFICIENTE "D".

Este coeficiente se corrige a una proa intercardinal.

Se contrarresta por medio de esferas de hierro dulce colocadas en la bitácora del compás.

Cuando sin esferas colocadas el coeficiente "D" resulta "positivo", quiere decir que prima el efecto de "e" sobre "a" y por lo tanto las esferas se colocan de babor a estribor en el eje transversal.

En cambio si "D" resulta negativo quiere decir que prima "a" sobre "e", caso muy raro, y en que las esferas se colocarán de proa a popa, en el eje longitudinal. Esto es considerando que el compás tiene un "D" al estar sin esferas. Ocurre a menudo que se calcula el coeficiente "D" con esferas colocadas; entonces si "D" es + quiere decir que las esferas deben acercarse más porque están corrigiendo poco y si es -, que deben alejarse. Si no habiendo esferas, aparece un "D", sólo entonces deben ponerse de proa a popa. El desvío cuadrantal debido al coeficiente "D" no varía con el cambio del buque en latitud magnética.

Para determinar las distancias a que deben quedar las esferas, al centro de la rosa, hay tablas especiales y se entra a ellas con el diámetro de las rosas y el valor de "D" en grados. Si ya tenía esferas colocadas; con el diámetro de ellas y la distancia a que están se verá en la tabla cuanto  $D^\circ$  están corrigiendo; esto, más lo que falte por corregir será el argumento  $D^\circ$  para entrar en la tabla y ver a qué nueva distancia deben quedar.

Por ejemplo, un compás con esferas de diámetro "d" colocadas a una distancia "l" tiene un  $D = +5^\circ$ . Con "d" y "l" se ve en la tabla que las esferas están corrigiendo ya un  $D = 4^\circ,5$  (por ejemplo). Entonces, con  $D = +5^\circ + 4^\circ,5 = +9^\circ,5$  y "d" se entra a la Tabla y ve a qué distancia deben dejarse las esferas.

No se usarán esferas muy chicas, porque éstas necesitan acercarse más a la rosa para corregir un mismo valor de "D" que esferas más grandes. Colocadas pegadas al cubichete de la bitácora, produce imantación de ellas debido al magnetismo de las agujas. Hay una variedad de tablas para determinar la distancia a que deben quedar las esferas del centro de la rosa, y esto, porque ellas están en funciones de la marca o tipo del compás y de los diferentes diámetros de las esferas. Algunas de estas tablas, dan la distancia entre el centro de la rosa y el centro interior de la esfera y otras entre centro y centro. Al final del capítulo se han insertado varias tablas para corregir "D".

### 15.26 COEFICIENTE "E".

Representa la segunda parte del desvío cuadrantal causado por "b" y "d" y varía con el coseno de dos veces el rumbo del compás, luego tiene sus máximos a las proas cardinales y es nulo a las intercardinales. Su valor se determina según se explicó en el párrafo 15.03.



### 15.27 CORRECCION DEL COEFICIENTE "E".

Este coeficiente es prácticamente nulo en compases instalados en el eje longitudinal de buques simétricos, y por lo tanto no se corrige, pero pueden tener un gran valor en compases colocados a una banda. En este caso se le corrige el coeficiente "E" girando el calzo de las esferas (consolas) con respecto al eje transversal del buque.

La corrección del coeficiente "E" cuando tiene un valor significativo se explica en detalle más adelante.

### 15.28 CORRECCION DEL DESVIO SEMI-CIRCULAR EN UN COMPAS INSTALADO A UNA BANDA.

Cuando un buque tiene "+f" se colocará la barra Flinders a babor del compás en el plano transversal. Cuando el buque tiene un "-f" la barra se colocará a estribor del compás en el plano transversal. La longitud de la barra Flinders se obtiene de las mismas curvas o Tablas que se usan en el cálculo del parámetro "c", pero entrando a la Tabla con el valor de "f".

Por otra parte sabemos que, cuando un buque tiene un "-c" se colocará a proa en el plano longitudinal. Luego si en un buque existe un "c" y un "f" es indudable que el Flinders no podrá estar en el plano longitudinal ni en el transversal, sino que tendrá que estar desviado con respecto al eje longitudinal de acuerdo a la resultante de la combinación de los dos parámetros.

Consideremos un buque con parámetros "-c" y "-f"; es decir, con el compás colocado a estribor de la línea de crujía.

En Latitud magnética Norte el parámetro "-f" produce un momento hacia babor de fuerza "fz" y el parámetro "-c" uno hacia popa de fuerza "cz" (fig. 15.28).

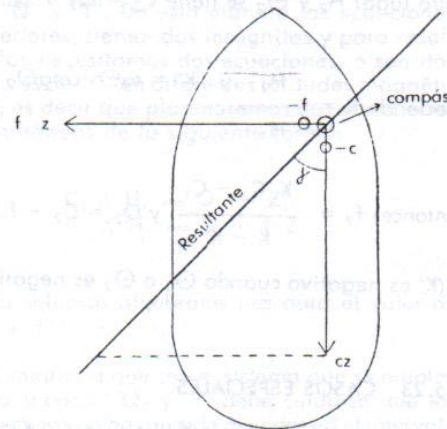


Figura 15.28

El momento combinado resultante se expresa por el valor  $\Delta fc = \sqrt{c^2 + f^2}$  a un ángulo  $\alpha$  con el eje longitudinal dado por la

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f}{c}$$

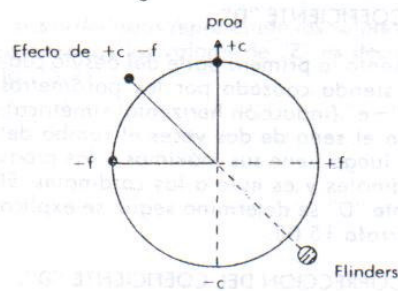
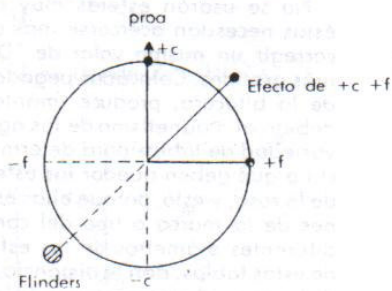
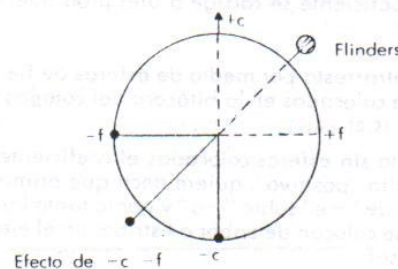
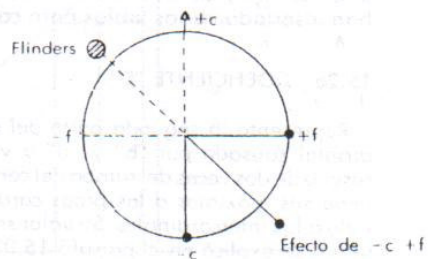


Figura 15.28-a



Existiendo valores significativos para "f" y "c" se considerará  $\sqrt{c^2 + f^2}$  como el valor del desvío ( $\Delta$ ) que habrá que entrar a la Tabla respectiva o curva para obtener la longitud de la barra Flinders. Ello se debe a que es necesario considerar la resultante.

El valor del ángulo que hay que girar el Flinders con relación al eje longitudinal está dado por la relación:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f}{c}$$

#### ESQUEMA DE COLOCACION DE FLINDERS.

El esquema nos dice que el giro de la barra Flinders será a estribor si "f" es negativo y será a babor si "f" es positivo. Ver Fig. 15.28-a.

#### 15.29 EJEMPLO DE CORRECCION DEL DESVIO SEMI-CIRCULAR EN UN COMPAS INSTALADO A UNA BANDA Y QUE TIENE FLINDERS COLOCADO (METODO USN.) EN EL CASO QUE EXISTA "f".

En un lugar de  $H = 0,278 \ominus = -07^\circ 05'$  un compás instalado fuera de la línea de crujía, tiene colocado 12 pulgadas de Flinders a proa y obtuvo:

$\Delta N = 5^\circ,8 \text{ E.}$        $\Delta S = 4^\circ,2 \text{ W.}$   
 $\Delta E = 3^\circ,2 \text{ W.}$        $\Delta W = 4^\circ,8 \text{ E.}$   
 y en otro lugar de  $H_2 = 0265 \ominus = -48^\circ 54'$  obtuvo.

$\Delta N = 8^\circ,2 \text{ E.}$        $\Delta S = 7^\circ,4 \text{ W.}$   
 $\Delta E = 6^\circ,4 \text{ W.}$        $\Delta W = 8^\circ,8 \text{ E.}$

¿Cuánto y cómo se eliminan con imanes y con Flinders, siendo que el Flinders que se usa es de 2" diámetro?

#### CALCULO DE "B" Y "C" PARA AMBOS LUGARES.

$$B = \frac{\Delta E - \Delta W}{2} \quad C = \frac{\Delta N - \Delta S}{2}$$

$$B_1 = \frac{-3,2 - 4,8}{2} = -4^\circ$$

$$B_2 = \frac{-6,4 - 8,8}{2} = -7^\circ,6$$

$$C_1 = \frac{+5,8 + 4,2}{2} = +5^\circ,0$$

$$C_2 = \frac{+8,2 + 7,4}{2} = +7,8$$

#### CALCULO DE K Y K'.

$$K = \frac{H_2}{H_1} = \frac{0,265}{0,278} = 0,95$$

$$K' = \operatorname{tg} \ominus_1 \times \cotg \ominus_2 = \operatorname{tg} -07^\circ 05' \times \cot -48^\circ 54' = 0,11$$

#### CALCULO DE "c<sub>2</sub>" Y "f<sub>2</sub>" (POR CORREGIR).

$$c_2 = \frac{KB_2 - B_1}{K - K'}$$

$$c_2 = \frac{0,95(-7,6) - (-4)}{0,95 - 0,11}$$

$$c_2 = \frac{-7,22 + 4}{0,84} = \frac{-3,22}{0,84} = -3^\circ,83$$

$$f_2 = \frac{KC_2 - C_1}{K - K'}$$

$$f_2 = \frac{0,95 \times 7,8 - 5}{0,95 - 0,11} = \frac{2,41}{0,84}$$

$$f_2 = +2^\circ,87$$

#### CALCULO DEL "c" TOTAL.

De la curva sacamos  $\ominus_2 = 49^\circ$  y 12 pulgadas de Flinders  $\Delta$  debido a "c" corregido =  $-3^\circ,8$  y como el Flinders está a proa le corresponde signo negativo.

$$\begin{aligned} \text{Luego } c \text{ corregido} &= -3^\circ,80 \\ c \text{ por corregir} &= -3^\circ,83 \\ c \text{ total} &= -7^\circ,63 \\ f &= +2^\circ,87 \end{aligned}$$

#### CALCULO DE ANGULO DE GIRO DEL FLINDERS.

$$\operatorname{Tg} \alpha = \frac{f}{c} = \frac{2,87}{-7,63} = 0,37613$$

$$\alpha \approx 21^\circ$$



## CALCULO DEL LARGO DEL FLINDERS.

$$\begin{aligned}\Delta c_f &= \sqrt{c^2 + f^2} \\ &= \sqrt{-7,63^2 + 2,87^2} \\ &= \sqrt{58,2^2 + 8,2^2} = \sqrt{66,4} = 8^{\circ},2\end{aligned}$$

$\Delta c_f = 8^{\circ},2$  con este  $\Delta$  y con  $\Theta = 49^{\circ}$  entramos a la curva y nos da un largo de Flinders de 21 pulgadas que debemos colocar a proa-babor  $21^{\circ}$  con respecto al eje longitudinal del compás porque "c" es - y "f" es + (ver figura 15.28-a).

CALCULO DE  $P_2$  Y  $Q_2$ .

$$\begin{aligned}\Delta P_2 &= B_2 - \Delta c_2 \\ &= -7,6 + 3,83 \\ \Delta P_2 &= -3^{\circ},77\end{aligned}$$

se corrige con imanes longitudinales pareados con Azul a Proa.

$$\begin{aligned}\Delta Q_2 &= C_2 - \Delta f_2 \\ &= 7,8 - 2,87 \\ \Delta Q_2 &= +4^{\circ},93\end{aligned}$$

se corrige con imanes transversales por la cara de popa con azul a Babor.

## 15.30 EJEMPLO DE GIRO DE BARRA FLINDERS (TRABAJANDO EN RADIANES).

En Portsmouth ( $H = 0,19$ ;  $Z = 0,42$ ), un buque tiene 12 pulgadas de barra Flinders de 3 pulgadas a proa del compás en una bitácora pat. 194. Coeficiente B fue  $0^{\circ}$  y el coeficiente C fue  $+1^{\circ},0$ .

En islas Falkland ( $H = 0,27$ ;  $Z = -0,28$ ) coeficiente B =  $-2^{\circ}$  y coeficiente C =  $+3^{\circ}$ . Los correctores no han sido cambiados,  $\lambda_2 = 0,85$ .

Calcular colocación y largo del Flinders.

## CALCULO DE "c".

$$P + cZ = \lambda H \text{ sen } B.$$

$$\begin{aligned}\text{En Portsmouth : } P + 0,42 c &= 0 \\ \text{En Falkland : } P - 0,28 c &= -0,85 \times 0,27 \text{ sen } 2^{\circ} \\ \text{resta : } 0,70 c &= 0,85 \times 0,27 \text{ sen } 2^{\circ}\end{aligned}$$

$$c \text{ (sin corregir)} = +0,011$$

$$\begin{aligned}\text{De la Tabla } c \text{ (corregido)} &= -0,050 \text{ (Flinders a proa)} \\ c_2 \text{ total} &= 0,039 \text{ (Radianes)}\end{aligned}$$

## CALCULO DE "f".

$$\begin{aligned}Q + fZ &= \lambda H \text{ sen } C \\ \text{En Portsmouth } Q + 0,42 f &= 0,85 \times 0,19 \text{ sen } 1^{\circ} \\ \text{En Falkland } Q - 0,28 f &= 0,85 \times 0,27 \text{ sen } 3^{\circ} \\ \text{Resta } 0,70 f &= 0,85 (0,19 \text{ sen } 1^{\circ} - 0,27 \text{ sen } 3^{\circ}) \\ f_2 &= -0,013 \text{ (Radianes)}\end{aligned}$$

## CALCULO DEL DESVIO DEBIDO A "c" Y "f".

$$\begin{aligned}\Delta f c &= \sqrt{c^2 + f^2} = \sqrt{0,039^2 + 0,013^2} \\ \Delta f c &= 0,04 \text{ (Radianes)}\end{aligned}$$

De la Tabla saca 10,9 pulgadas de barra Flinders.

## CALCULO DEL ANGULO DE GIRO.

$$\text{tg } \alpha = \frac{f}{c} = \frac{-0,013}{-0,039}$$

Entonces  $\alpha = 18^{\circ},5$  siendo "f" negativo, el Flinders debe estar girado  $18^{\circ},5$  a estribor (ver esquema Fig. 15.28-a).

## 15.31 CORRECCION DEL DESVIO CUADRANTAL EN UN COMPAS INSTALADO A LA BANDA, SIN ESFERAS COLOCADAS.

En un compás instalado a estribor de la línea de cruzja se encuentran los parámetros "+b" y "+d" como se vio en la figura 14.36 los que producen un +E.

El coeficiente E se corrige girando las esferas con relación al eje transversal, como se vio en las figuras 14.43-a y 14.43-b. El ángulo que deben girarse lo determina la fórmula.

$$\text{tg } 2M = \frac{E}{D}$$

donde M representa el ángulo que deben girarse las esferas con relación al eje transversal y, el desvío que se corrige, lo da la expresión:

$$\Delta = \sqrt{D^2 + E^2}$$

## 15.32 GIRO DE LAS ESFERAS.

Si consideramos un buque con un "+D" y un "+E", el desvío cuadrantal total está dado por la fórmula:

$$\Delta = D \operatorname{sen} 2 R_c + E \cos 2 R_c.$$

sabemos que  $\operatorname{tg} 2 M = \frac{E}{D}$

luego  $E = D \operatorname{tg} 2 M$

reemplazando en la fórmula anterior tendremos:

$$\Delta = D \operatorname{sen} 2 R_c + D \operatorname{tg} 2 M \cos 2 R_c$$

$$\Delta = D \operatorname{sen} 2 M (\operatorname{sen} 2 R_c \cos 2 M + \cos 2 R_c \operatorname{sen} 2 M).$$

$$\Delta = D \operatorname{sen} 2 M \operatorname{sen} 2 (R_c + M).$$

$$\Delta = \sqrt{D^2 \operatorname{sen}^2 2 M \operatorname{sen}^2 (R_c + M)}.$$

$$\Delta = \sqrt{D^2 (1 + \operatorname{tg}^2 2 M) \operatorname{sen}^2 2 (R_c + M)}.$$

$$\Delta = \sqrt{D^2 + E^2} \operatorname{sen} 2 (R_c + M).$$

$$\Delta = \operatorname{sen} 2 (R_c + M) \sqrt{D^2 + E^2}.$$

El máximo valor del total de desvío cuadrantal es por lo tanto  $\sqrt{D^2 + E^2}$ . Esto ocurre cuando  $\operatorname{sen} 2 (R_c + M)$  es 1:

$$\begin{aligned} 2 (R_c + M) &= 90^\circ \\ R_c + M &= 45^\circ \\ R_c &= 45^\circ - M \end{aligned}$$

De este modo el máximo desvío cuadrantal es igual a  $\sqrt{D^2 + E^2}$  en un rumbo de compás dado por  $(45^\circ - M)$ . Para corregir esto por las esferas, es necesario colocarlas de tal forma, que ellas produzcan un efecto igual y contrario. Normalmente las esferas van colocadas de Babor a Estri-

bor en el eje transversal y tiene un máximo efecto cuando el rumbo del compás es a una proa intercardinal, y ellas deben por esto girarse con relación al eje transversal un ángulo M donde

$$\operatorname{tg} 2 M = \frac{E}{D}$$

para producir un máximo de efecto en un rumbo del compás dado por  $(45^\circ - M)$ .

Para corregir "D" y "E", pueden encontrarse en las Tablas correspondientes al final de este capítulo, el diámetro y distancia de las esferas, entrando en la Tabla con el valor para el desvío cuadrantal de  $\sqrt{D^2 + E^2}$ ; y ambas esferas deben ser giradas un ángulo M desde la línea Babor - Estribor o eje transversal.

Si "E" es positivo la dirección de giro es en sentido de las agujas de un reloj (esfera de Babor hacia proa y de Estribor hacia popa).

Se "E" es negativo la dirección de giro es en sentido contrario a las agujas de un reloj (esfera de Estribor hacia proa, de Babor hacia popa).

## 15.33 EJEMPLO DE CORRECCION DEL DESVIO CUADRANTAL, EN UN COMPAS INSTALADO A LA BANDA ESTANDO CON ESFERAS COLOCADAS DE BABOR A ESTRIBOR.

En un compás patente 193 con esferas de 7 pulgadas de diámetro, instalado en el plano transversal de Babor a Estribor a 14 pulgadas cada una, se han determinado los siguientes desvíos:

| Proa Compás | Desvíos |
|-------------|---------|
| N           | -3,3    |
| NE          | -0,3    |
| E           | +2,3    |
| SE          | +1,5    |
| S           | +0,8    |
| SW          | +1,3    |
| W           | +0,3    |
| NW          | -2,5    |

¿Cuál será la colocación que le corresponde a las esferas?

CALCULO DE LOS COEFICIENTES "D" Y "E" ACTUALES.

$$\text{Coef. D} = \frac{\Delta_{NE} + \Delta_{SW} + \Delta_{NW} - \Delta_{SE}}{4} = \frac{-0,3 + 1,3 + 2,5 - 1,5}{4} = \frac{2}{4} = 0,50$$

$$\text{Coef. E} = \frac{\Delta_N + \Delta_S - \Delta_E - \Delta_W}{4} = \frac{-3,3 + 0,8 - 2,3 - 0,3}{4} = \frac{-5,1}{4} = -1,28$$



### CALCULO DE LOS COEFICIENTE "D" Y "E" CORREGIDOS POR LAS ESFERAS.

El coeficiente "D" se obtiene de las Tablas entrando con el diámetro de las esferas, y la distancia, 7 y 14 pulgadas respectivamente en este caso, y nos da "D" corregido =  $3^{\circ},25$ .

El coeficiente "E" corregido = 0 debido que las esferas están en el plano transversal (de estribor a babor) y no están corrigiendo este coeficiente.

### CALCULO DE LOS COEFICIENTES "D" Y "E" TOTAL.

$$\begin{aligned}\text{Coeficiente D calculado} &= 0^{\circ},50 \\ \text{Coeficiente D corregido} &= 3^{\circ},25 \\ \text{Coeficiente D Total} &= 3^{\circ},75\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Coeficiente E actual} &= -1^{\circ},02 \\ \text{Coeficiente E corregido} &= 0^{\circ},00 \\ \text{Coeficiente E Total} &= -1^{\circ},02\end{aligned}$$

### CALCULO DEL DESVIO CUADRANTAL TOTAL.

$$\Delta = \sqrt{D^2 + E^2}$$

$$\Delta = \sqrt{3,75^2 + (-1,02^2)}$$

$$\Delta = \sqrt{3,75^2 + 1,02^2} = + 4^{\circ}$$

entrando en la Tabla con este desvío y con el diámetro de 7 pulgadas de las esferas, se obtiene la distancia de 13,25 pulgadas a que deben quedar ellas desde el centro de la rosa.

### CALCULO DEL ANGULO DE GIRO DE LAS ESFERAS.

$$\text{Tg } 2 M = \frac{E}{D} = \frac{-1,02}{3,75} = 15^{\circ}$$

$$\text{entonces } M = \frac{15^{\circ}}{2} = 7^{\circ},5$$

como el coeficiente "E" es negativo el giro de las esferas debe ser en sentido contrario a las agujas de un reloj; es decir, la esfera de estribor se gira hacia proa y la de babor hacia popa la cantidad de grados determinado por el cálculo ( $9^{\circ},25$ ).

### 15.34 EJEMPLO DE CORRECCION DEL DESVIO CUADRANTAL, EN UN COMPAS INSTALADO A LA BANDA Y ESTANDO CON ESFERAS COLOCADAS EN ANGULO AL PLANO TRANSVERSAL (BABOR - ESTRIBOR).

Un compás patente 193 con esferas de 7 pulgadas de diámetro están colocadas a 14 pulgadas de distancia del centro de la rosa y giradas  $20^{\circ}$  en sentido contrario a las agujas de un reloj (esfera de babor hacia popa).

Se han determinado los siguientes desvíos.

Proa del compás      Desvíos

|    |       |
|----|-------|
| N  | +4°,0 |
| NE | +1°,5 |
| E  | -3°,0 |
| SE | -4°,5 |
| S  | -2°,5 |
| SW | 0°,   |
| W  | +2°,0 |
| NW | +3°,0 |

¿Cuál será la colocación que le corresponde a las esferas?

### CALCULO DE LOS COEFICIENTES "D" Y "E" ACTUALES.

$$\text{Coef. D actual} = \frac{\Delta \text{NE} + \Delta \text{SW} - \Delta \text{NW} - \Delta \text{SE}}{4}$$

$$= \frac{+ 1,5 + 0 - 3,0 + 4,5}{4}$$

$$= \frac{3}{4} = 0^{\circ},75$$

$$\text{Coef. E actual} = \frac{\Delta \text{N} + \Delta \text{S} - \Delta \text{E} - \Delta \text{W}}{4}$$

$$= \frac{+ 4,0 - 2,5 + 3,0 - 2,0}{4}$$

$$= \frac{2,5}{4} = 0^{\circ},62$$

### CALCULO DE LOS COEFICIENTES "D" Y "E" CORREGIDO POR LAS ESFERAS:

Del ajuste anterior tenemos:

$$\operatorname{tg} 2 M = \frac{E}{D}$$

entonces  $E = D \operatorname{tg} 2 M$   
 $E = D \operatorname{tg} 40^\circ$   
 $E = 0,64 D$

$$\Delta = \sqrt{D^2 + E^2}$$

$$\Delta = \sqrt{D^2 + (0,64 D)^2}$$

$$\Delta = \sqrt{1,41 D^2}$$

$$\Delta = 1,3 D$$

$1,3 D = 3^\circ,25$  (sacado de la Tabla con esferas de 7 pulgadas y a 14 pulgadas de distancia).

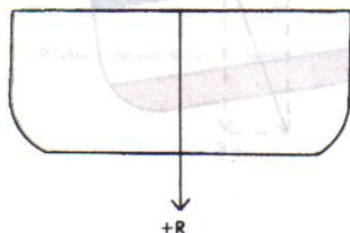
luego coef. D corregido =  $\frac{3,25}{1,3} = +2,50$

Entonces coeficiente E corregido =  $0,64 \times D = 0,64 \times 2,5 = -2^\circ,1$ , es negativo porque las esferas están giradas en sentido contrario a las agujas de un reloj (esfera de estribor hacia proa).

### CALCULO DE LOS COEFICIENTES "D" Y "E" TOTAL.

Coeficiente D corregido =  $+2^\circ,50$   
 Coeficiente D calculado =  $+0^\circ,75$   
 Coeficiente D total =  $+3^\circ,25$

Coeficiente E corregido =  $-2^\circ,10$   
 Coeficiente E calculado =  $+0^\circ,62$   
 Coeficiente E total =  $-1^\circ,48$



### CALCULO DEL DESVIO CUADRANTAL TOTAL.

$$\Delta = \sqrt{D^2 + E^2}$$

$$\Delta = \sqrt{3,25^2 + (-1,48^2)}$$

$$\Delta = \sqrt{3,25^2 - 1,48^2}$$

$$\Delta = 3^\circ,5$$

entrando a la Tabla con este valor y el diámetro de la esfera 7 pulgadas se obtiene la distancia de las esferas al centro de la rosa, igual 13,75 pulgadas.

### CALCULO DEL ANGULO DE GIRO DE LAS ESFERAS.

$$\operatorname{Tg} 2 M = \frac{E}{D} = \frac{1,48}{3,25} = 24^\circ$$

$$M = \frac{24}{2} = 12^\circ$$

Como el coeficiente E es negativo, esfera de estribor debe quedar hacia proa del eje transversal  $12^\circ$  (giro en sentido contrario a las agujas de un reloj).

### 15.35 ERROR DE ESCORA.

Cuando el buque está adrizado, la componente vertical "R" del magnetismo permanente no tiene efecto sobre la aguja del compás por su resistencia al movimiento vertical, debido a que su centro de gravedad está por debajo del centro de suspensión, manteniéndola horizontal. Otro tanto, ocurre con el magnetismo inducido de los fierros dulces verticales, colocados sobre o debajo de la aguja. Pero cuando el buque se inclina, ya sea por balances, cabeceos o escora, a alguna banda, estos componentes dejan de ser verticales, resolviéndose en una resultante de dos fuerzas, una horizontal y otra vertical de las cuales la primera solamente, tiene efecto para desviar la aguja. (Fig. 15.35).

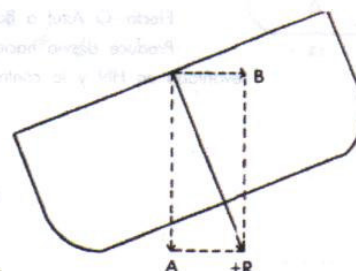


Figura 15.35



Ciertas barras de fierro dulce que dejan de ser horizontales debido a la inclinación o escora del buque, adquieren magnetismo inducido vertical y ocasionan también fuerzas perturbadoras que actúan sobre la rosa, desviándola de su posición. La suma de todas estas fuerzas, produce un desvío denominado "Desvío o Error de Escora", que lo podemos definir como que es la diferencia que existe entre los desvíos con el buque escorado y el buque adrizado a una misma proa.

En un compás ubicado en la línea de crujía, cuando el buque balancea, estas fuerzas adicionales están representadas por: "R" "k" "c" en conjunto, además del efecto de la parte no eliminada del parámetro "e"; en cambio cuando cabecea actuará la parte no corregida del parámetro "a".

En un compás situado fuera del eje longitudinal, o muy cerca de la proa o popa, deben considerarse, además de los anteriores, los parámetros "b", "d", "g", "h"; pero el sistema de corrección actualmente en uso, toma en cuenta únicamente R, k, c; y a y e.

### 15.36 EFECTO DE LA COMPONENTE "R".

Vimos que, cuando el buque está adrizado el magnetismo permanente vertical no tiene efecto desviador sobre el compás; es decir la componente "R" no actúa, pero cuando la nave "escora", ya sea por balance, cabeceo o navega

escorado a una banda, la componente vertical del magnetismo permanente "R" se descompone en una componente vertical y otra horizontal. La primera no produce efecto, la segunda saca a la aguja del meridiano introduciendo un desvío que es "nulo", cuando el buque está adrizado y es máximo cuando la escora es de  $90^\circ$ ; es decir, varía en función "del seno de la inclinación" ( $\text{sen } i$ ).

En párrafo 14.19, vimos que la componente vertical "R" puede ser:

Positiva (+R) cuando el extremo rojo de la aguja es atraído hacia abajo, luego hay un azul en cubierta, que es el caso de los buques construidos en el Hemisferio Norte.

Negativa (-R) cuando el extremo rojo de la aguja es atraído hacia arriba, luego hay un rojo en cubierta, caso de los buques construidos en el Hemisferio Sur.

Analicemos la escora y cabeceo de un buque construido en el H. N. (Fig. 15.36).

Cuando la escora es a babor, "+R" produce un esfuerzo a Estribor, similar al efecto causado por "+Q" (azul a Estribor).

Cuando la escora es a estribor, "+R" produce un esfuerzo a babor, similar al efecto de "-Q" (azul a babor).

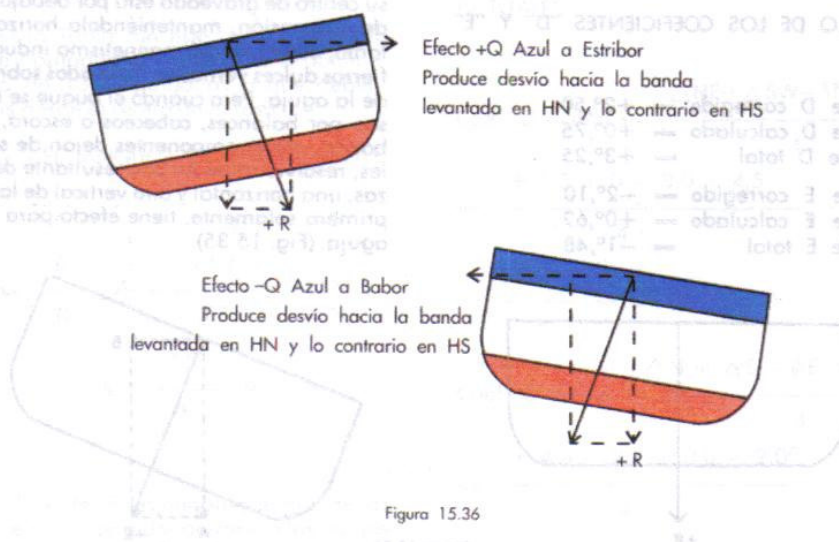


Figura 15.36

### 15.37 BUQUES CONSTRUIDOS EN EL HEMISFERIO NORTE Y SUR.

Como hemos dicho, un buque con escora permanente, el desvío variará en función "del coseno del  $R_c$ ". Es decir, será máximo a los proas N. y S. y nulo a las E. y W.

Cuando el buque cabecea, se produce un momento similar al efecto de la componente "P", como se muestra en la figura 15.37, por lo tanto variará tal como "P" con el "seno del  $R_c$ ".

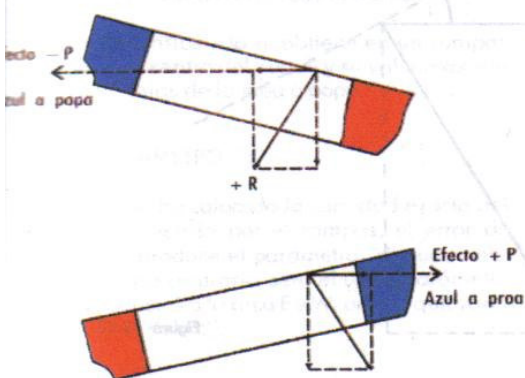


Figura 15.37

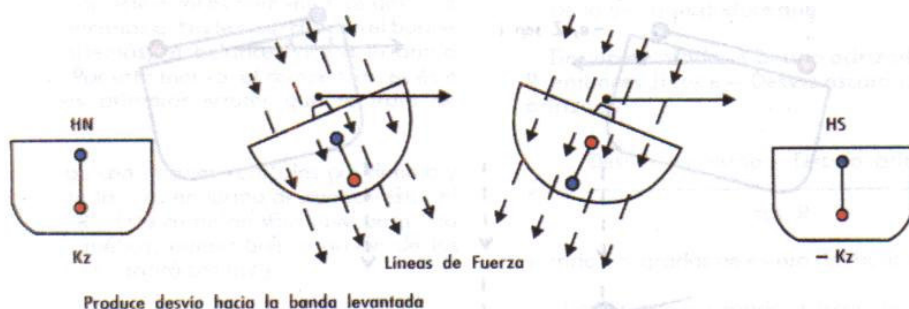


Figura 15.38

Si el buque balancea y cabecea, el momento variará de babor a estribor y de proa a popa, produciendo en la aguja una oscilación horizontal, que la hace inestable.

### 15.38 EFECTO DEL PARAMETRO "k".

El más común es de la forma "+k"; hierro dulce vertical por debajo del compás, ya que puede decirse que "-k" no existe, puesto que representaría un hierro dulce vertical por sobre el compás lo que es muy raro de encontrar en un buque.

El parámetro "k" se induce con la componente vertical "Z" del magnetismo terrestre y producirá un esfuerzo similar a la componente "R"; como "Z" varía con la latitud magnética, el efecto de "k" también variará. El parámetro "+k", en el H. N. magnético producirá un esfuerzo similar a "+R", sumando sus efectos; el desvío variará con el "Coseno" del " $R_c$ "; o sea será máximo al N. y S. y nulo al E. y W. (Fig. 15.38).

En el Ecuador magnético, donde la componente "Z" es cero el parámetro no se inducirá y en consecuencia no tiene efecto. En cambio en el H. S. magnético producirá un esfuerzo opuesto a "+R", a quien puede llegar a igualar y aún sobrepasar, de donde se deduce que, el efecto combinado de "R" y "k" de un buque construido en el H. N. puede producir grandes desvíos de escora en dicho hemisferio y muy pequeños o nulos en el H. S. y vice versa.

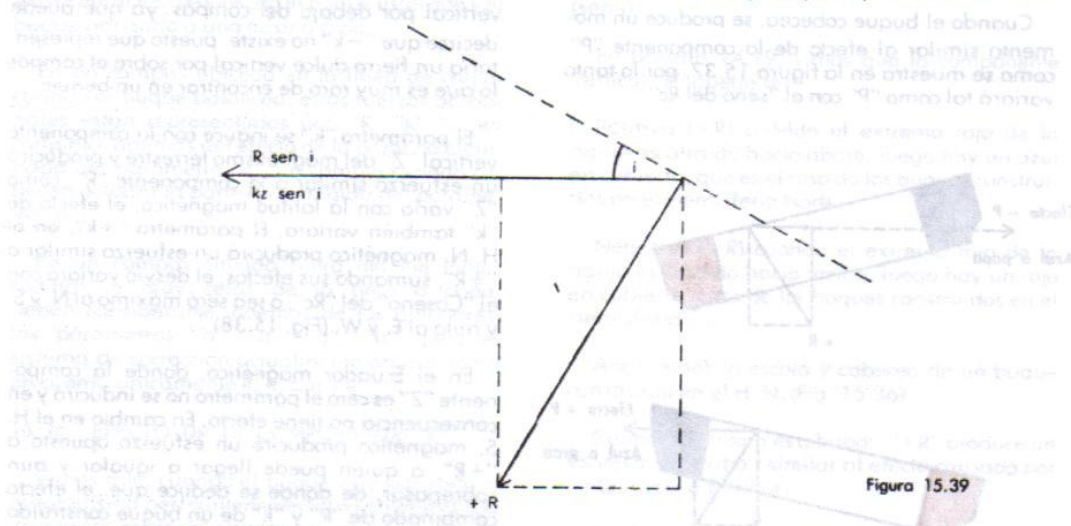


### 15.39 VARIACION DEL ESFUERZO HORIZONTAL CAUSADO POR "R" Y "k".

Si un buque navega escorado un ángulo "i" el efecto desviador de "R" y "k" en el H. N. será:

$$R \text{ sen } i \quad \text{y} \quad k Z \text{ sen } i$$

tal como se ve en la figura 15.39.

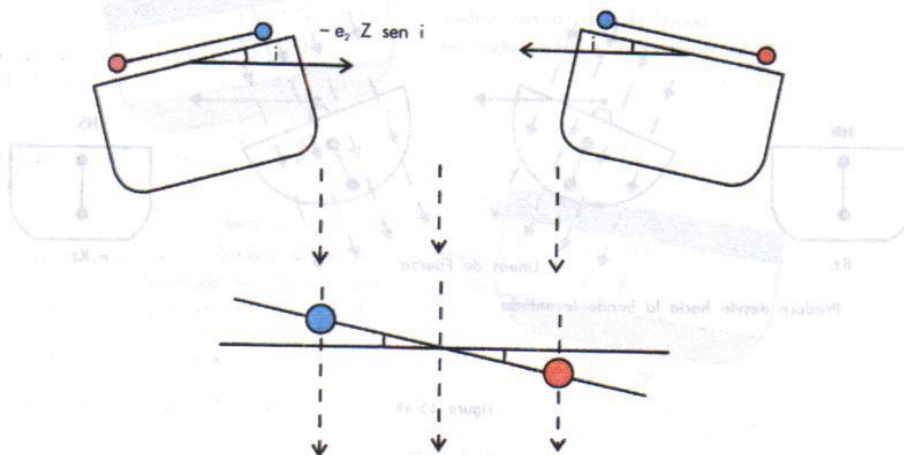


### 15.40 PARAMETRO "ez".

Las esferas corrigen únicamente el exceso del parámetro "e" sobre "a"; la parte no corregida de estos es igual y contraria y la hemos

denominado por parámetros "-a2" y "-e2", los que vienen a aumentar o disminuir, según el hemisferio el efecto combinado de R y k en el error de escora; ya que al dejar de ser horizontales toman magnetismo inducido de la componente horizontal que produce desvío como se ve en la figura 15.40. La cantidad de inducción depende del ángulo que el parámetro forme con

las líneas de fuerzas verticales y el esfuerzo que ejercerán será dado por "-e2" Z sen i, como se ve en la figura 15.40.



#### 15.41 PARAMETRO " $-a_2$ ".

Cuando el buque cabecea el parámetro " $-a_2$ " causa un momento horizontal similar al producido por " $-e_2$ ", e igual a " $e_2$ "  $Z \sin i$ .

#### 15.42 PARAMETRO " $g$ ".

Parámetro de efecto muy pequeño, pero no puede corregirse. Por lo general se encuentra un " $-g$ ", representado por el eje de la hélice. Como se induce con H, tiene el mismo signo en ambos hemisferios y varía con el coseno del Rc.

La menor influencia se obtiene en un compás situado en el centro del buque y su valor máximo en las cercanías de la proa o popa.

#### 15.43 PARAMETRO " $c$ ".

Cuando se ha colocado la cantidad exacta de flinders, requerida por el compás, el error de escora que produce el parámetro " $c$ " queda eliminado. Caso contrario, será el único parámetro que lo producirá a la proa E y W, puesto que varía con el "seno del Rc".

#### 15.44 RESUMEN GENERAL DEL ERROR DE ESCORA.

El error de escora se debe en gran parte a " $R$ ", que es la mayor de las fuerzas que lo producen. Es de forma semi-circular y varía con  $\cos Rc$ .

El efecto de este error es aumentar los desvíos a las proas cercanas al Norte o Sur cuando el buque escora y además, el balance hace a la aguja inestable. Por este motivo, al compensar, es éste uno de los primeros errores que se trata de anular.

Se corrige con imanes verticales por debajo y al centro de la rosa en forma de contrarrestar el efecto de " $R$ ". Esta corrección sólo sirve para una latitud magnética, puesto que la acción de los fierros dulces variará con  $\tan \Theta$ .

En general sin corregir escora, pueden esperarse desvíos de  $2^\circ$  por cada grado de escora.

Un buque construido en el hemisferio Norte,  $+R+k-e$  producen un desvío hacia la banda levantada. En un buque construido en el H. S. el desvío se produce hacia la banda depresa.

El efecto de " $R$ " varía inversamente con H.

El efecto de " $+k$ " y " $-e$ " varía con la tangente de la inclinación magnética ( $\tan \Theta$ ) por lo que produce un desvío de escora de signo contrario en el Hemisferio Sur del que tendría en el H. N.

El desvío de escora por " $-e$ " no es totalmente corregido por las esferas, porque sabemos que éstas sólo corrigen el exceso " $-e$ " sobre " $-a$ "; por lo que queda parte sin corregir.

La corrección de la escora con imanes permanentes no es constante para el buque en cualquier latitud magnética y deberá corregirse con el cambio de la inclinación magnética ( $\Theta$ ).

#### 15.45 COEFICIENTE DE ESCORA " $J$ ".

Se denomina así el cambio que experimenta el desvío por cada grado de inclinación del buque a las proas N. y S.

$+J$  es desvío a la banda levantada con proa Norte

$-J$  es desvío a la banda depresa con proa Norte.

#### 15.46 FORMULA DEL ERROR DE ESCORA.

Es el cambio que experimenta el desvío a cualquier proa, por cada grado de escora.

Luego:

$$\text{Error de escora} = J \cos R.$$

#### 15.47 CÁLCULO DEL COEF. " $J$ ".

De lo dicho se deduce que:

Desvío escorado = Desvío adrizado +  $J \cos R$   
 R, entonces  $J \cos R = \text{Desvío escorado} - \text{desvío adrizado}$ .

$$J = \frac{\text{Desvío escorado} - \text{Desvío adrizado}}{i \cos R}$$

siendo  $i$  = grados de escora del buque.

" $i$ " tiene signo + cuando la escora es a estribor.

" $i$ " tiene signo - cuando la escora es a babor.

#### 15.48 FACTOR DEL BUQUE O COEFICIENTE $u$ (MIU).

Se llama así la relación que hay entre la fuerza vertical del magnetismo terrestre a bordo y la fuerza vertical en tierra. Se designa por " $u$ " (Miu).



Representa un coeficiente con respecto a Z, lo mismo que  $\lambda$  con respecto a H.

entonces  $u = \frac{Z}{Z'}$  su valor es generalmente 0,8.  
Prácticamente  $u = \lambda (1-D')$ .

La expresión "u" puede ser definida como la relación entre la media de la fuerza vertical a bordo y la fuerza vertical terrestre, después de haber sido corregido el Error de Escora.

#### 15.49 DETERMINACION DE u POR METODO DE LAS OSCILACIONES.

Se puede determinar tomando 10 oscilaciones simples a bordo en una aguja de inclinación magnética apropiada, y 10 oscilaciones en tierra con el mismo instrumento y aplicar enseguida la relación:

$$\frac{Z'}{Z} = \frac{T^2}{T'^2}$$

Al efectuar esta determinación se deberá tener cuidado de poner la proa del buque al E o W magnético, con el fin de evitar la inducción de la componente "g" (eje de la hélice) que actuará a otras proas sobre la aguja de inclinación.

#### 15.50 CORRECCION DEL ERROR DE ESCORA.

Siendo imposible separar el efecto del magnetismo permanente, del efecto del magnetismo inducido vertical; o, de colocar correctores de fierro dulce muy próximos a los imanes, porque aquellos adquirirían magnetismo inducido de éstos; el esfuerzo horizontal, o desvío causado por la combinación de R, k, e<sub>2</sub> y a<sub>2</sub>, se corrige colocando imanes verticales por debajo de la rosa en un calzo especial llamado "Canastillo de escora"; en tal forma que estos imanes, contrarrestan los efectos de "R". Así, si tenemos un "+R", es decir un azul en cubierta, corregiremos con imanes verticales con el "azul hacia abajo". Un "-R" se corregirá con imanes con azul arriba.

El hecho de eliminar la parte del magnetismo inducido con imanes hace que esta corrección sea válida o exacta, únicamente para la latitud magnética en que se efectuó, variando con el cambio de ésta. En efecto; la componente Z, fuera de inducción de los fierros dulces verticales, varía con la latitud magnética, en consecuencia variará el esfuerzo horizontal de los mismos y por tanto el desvío.

El efecto del desvío de escora se aprecia en el mar, cuando el buque balancea, en un movimiento oscilatorio que toma la rosa para uno y otro lado de la línea de fe, oscilación que es máxima cuando se navega a los rumbos N o S del compás y nula al E o W. En algunos casos este movimiento se atribuye a error de escora, cuando en realidad es mal gobierno; en este caso es la línea de fe la que oscila de uno a otro lado del rumbo, permaneciendo estable la rosa. Para determinar si se debe a error de escora: demárquese con balance un objeto o tómese el azimut de un astro, si la demarcación del azimut aumenta y disminuye sucesivamente, es que hay error de escora; si se mantiene significa que es mal gobierno.

Existen varios métodos para corregir el error de escora, los que se pueden clasificar en: "Prácticos" y "Teóricos".

#### 15.51 METODOS PRACTICOS DE CORRECCION DE ESCORA.

##### A) EN PUERTO.

Con proa al Norte o Sur y el buque adrizado, se determina un buen desvío. Después se escora unos diez grados, tomando un nuevo desvío. Si ambos desvíos son iguales no hay error de escora, pero si son diferentes indicará que hay error de escora y se corregirá, estando el buque escorado, subiendo o bajando los imanes verticales hasta dejar el desvío igual al que tenía el compás con el buque adrizado.

##### B) NAVEGANDO.

Es este un sistema muy común, bastante práctico y exacto si se hace a menudo.

Navegando a una proa Norte o Sur con balances, la aguja oscilará por efecto del error de escora. Entonces subiendo o bajando los imanes verticales "al tanteo", puede llegarse a disminuir estas oscilaciones de la aguja a un mínimo.

Se tendrá cuidado de no corregir el error de escora con exceso; porque el resultado será peor que no haberlo corregido, puesto que si eso sucede subsistirá otro error producido por imanes demasiado cercanos al compás, luego, de efectos muy enérgicos.

Deben colocarse varios imanes verticales lejos, en vez de pocos cerca y que todos queden en colocación simétrica en el canastillo.



Por lo general, buques contruidos en el hemisferio Norte necesitan imanes verticales con rojo arriba para anular "R" y los efectos del magnetismo inducido de los fierros verticales que se suman a éste; pero al pasar al hemisferio Sur necesitan menos imanes verticales, porque al cambiar de signo la fuerza vertical terrestre, hará cambiar de signo a los fierros dulces verticales lo que aminora y hasta anula el efecto de R.

#### 15.52 METODO TEORICO PARA CORREGIR EL ERROR DE ESCORA.

Hemos dicho que el error de escora se corrige con imanes verticales colocados por debajo de el compás; el número y posición de éstos se determina, teóricamente, por medio de un instrumento llamado "Balanza de Escora".

#### 15.53 BALANZA DE ESCORA.

Las hay de diversos tipos, pero todas se basan en un mismo principio. Es decir, reaccionan con la componente vertical del magnetismo terrestre.

Podemos decir que, a diferencia de la rosa del compás, que tiene por fuerza directriz a la fuerza horizontal magnética (H) que la orienta en el meridiano magnético, la balanza tiene por fuerza directriz la vertical (Z), que inclina la aguja una vez que se haya colocado en el meridiano magnético.

En otras palabras las agujas de una rosa giran alrededor de un eje vertical y la aguja de una balanza alrededor de uno horizontal; la rosa busca el meridiano magnético, la aguja de la balanza no.

El instrumento consiste en una caja circular de bronce y caras planas, provista de un sistema especial para ser instalada en la Bitácora de un compás en reemplazo del mortero. Este sistema de suspensión puede ser un gancho y cadena en su parte superior o unos brazos como muñones que salen de su parte inferior. Una de las caras lleva un vidrio con visagra a manera de puerta, para poderla abrir y tener acceso al interior donde va instalada la aguja magnética de inclinación. El soporte plano de su pie sirve de descanso al instrumento en las observaciones de tierra.

Dentro de la caja va la aguja magnética de inclinación, la cual descansa sus muñones de cuchillo, sobre unos descansos de bronce con piedra ágata, lo que le permite libre movimiento alrededor del eje horizontal. Cuando no se está operando con la aguja, puede trincarse ésta por

medio de un tornillo que se acciona desde el exterior. El instrumento lleva también un nivel ajustado de modo que cuando la burbuja está al centro, la línea grabada en el vidrio queda horizontal. La parte superior de la aguja va graduada hacia ambos lados y su extremo norte va marcado para distinguirlo del extremo Sur. En la aguja se monta un contrapeso de aluminio que puede desplazarse para balancearla según sea necesario.

La aguja se equilibra perfectamente sobre sus descansos, SIN NINGUN PESO, antes de ser imantada; por lo tanto, el peso móvil o contrapeso se destina únicamente, para contrarrestar la fuerza magnética vertical terrestre en tierra; y la terrestre más la del buque, a bordo.

Conviene cuidar de que la aguja se encuentre protegida de la humedad a fin de evitar la oxidación, especialmente en el canto o cuchillo del eje. Si la balanza no se usa, se suspenderá la aguja por medio del tornillo o palanca exterior, lo que la trincará.

#### 15.54 TEORIA DE LA BALANZA.

La teoría de este instrumento se basa en la igualdad que debe existir entre los momentos de la fuerza vertical que inclina a la aguja y el del peso, para que haya equilibrio.

El momento de la componente magnética vertical es igual a "mI Z" en que:

m = masa magnética.

I = largo de la aguja

Z = Valor de la fuerza vertical magnética.

El momento del peso queda representado por "pn" en que "p" es el peso y "n" es la distancia a que queda el peso desde el centro de la aguja.

Si en un lugar de componente vertical Z es necesario colocar el contrapeso o peso móvil a una distancia "n" para que la aguja se mantenga horizontal, entonces  $m I Z = pn$ .

Si se efectúa el equilibrio de la aguja en otro sitio en que la fuerza vertical sea Z' y la distancia n', tendremos:

$m I Z' = pn'$  y dividiendo

$$\text{resulta } \frac{m I Z}{m I Z'} = \frac{pn}{pn'}$$

$$\text{entonces } \frac{Z}{Z'} = \frac{n}{n'}$$



de lo cual se deduce que la balanza sirve además para comparar las fuerzas magnéticas verticales entre dos lugares.

### 15.55 CONSTANTE DE LA BALANZA.

De la expresión anterior se deduce:

$$\frac{Z}{n} = \frac{Z'}{n'} = \text{constante.}$$

O sea que la relación entre la componente vertical del lugar y el número de graduaciones marcado por el peso móvil o contrapeso para que la aguja quede horizontal es una constante.

Esta igualdad permite determinar el número de graduaciones necesaria para colocar la aguja horizontal en otro lugar, cuyo valor  $Z$  se conozca.

luego:

$$n' = \frac{Z}{\text{Constante}}$$

### 15.56 USO DE LA BALANZA DE ESCORA.

Para corregir el error de escora por medio de este instrumento, se le lleva a tierra y se instala en un lugar libre de perturbaciones magnéticas, ya sea suspendiéndole de la cadena o colocándola sobre una plataforma elevada un metro del suelo a lo menos. La aguja debe quedar orientada "en el plano del meridiano magnético" y con su extremo norte hacia el norte, en cuya posición el instrumento se nivela cuidadosamente. Hecho esto, si estamos en hemisferio Sur, se llevará el contrapeso móvil al lado Norte de la aguja y si estamos en el H.N. el contrapeso se llevará al lado Sur; es decir, al lado contrario a donde se deprime la aguja, cuando el contrapeso está en la graduación cero. Destrincada la aguja para que oscile libremente y una vez llegada ésta al reposo no quedará horizontal, se trincará de nuevo para correr el peso hacia donde sea menester, repitiendo la operación hasta que se mantenga exactamente horizontal, lo que se comprobará por las marcas horizontales del vidrio. Si no basta un solo peso, se colocará otro; pero ambos deberán estar tocándose, cuando la aguja haya llegado a la horizontal, léase la graduación por el canto interior de contrapeso o pesos. Llamemos " $n$ " este número.

El instrumento se lleva a bordo. Es mejor para efectuar esta operación a bordo, que el buque esté a la proa Este o Weste magnético para evitar

la acción del parámetro " $g$ ". Se retira el compás de su sitio y se coloca en su lugar la balanza de escora, colgándola de un listón de madera que se colocará sobre la bitácara o si la balanza fuera de brazos, introduciendo los muñones de éstos en los calzos respectivos de la suspensión cardán. De todas formas, deberá tenerse cuidado de que la aguja de la balanza quede situada en el mismo plano horizontal ocupado antes por las agujas del compás y, que el instrumento cuelgue verticalmente sobre el centro de la bitácara y nivelado, con el norte de la aguja hacia el Norte Magnético.

A continuación se colocarán el o los contrapesos, en la graduación  $n'$ , que se determinará multiplicando el número " $n$ " obtenido en tierra por el factor del buque ( $u$ ) correspondiente al compás. Si este factor no se conoce, puede usarse el valor de  $\lambda$ , y si no se conoce  $\lambda$  (lambda), se usa generalmente 0,8. Hecho lo anterior, se hará descansar suavemente la aguja sobre su eje. Si ésta queda horizontal, no será necesaria corrección alguna. Pero si el extremo Norte de la aguja queda depreso, se colocarán imanes verticales en el estuche de escora, con sus extremos rojos hacia arriba, con el fin de repeler el rojo de la aguja hacia la horizontal, aumentando el número de imanes si es necesario, hasta que tome la posición horizontal, o bien subiéndolos dentro de su estuche hasta conseguirlo; pero cuidando que los imanes no vayan a quedar de la rosa a una "distancia menor que dos veces su largo" pues ello acarrearía inducción en las esferas. Es mejor varios lejos que pocos cerca.

Los imanes verticales no deben quedar tocándose entre sí, lo que se consigue empleando los estuches especiales que hemos mencionado, y que se proveen con cada compás y capaces de contener siete imanes (Figura 15.56), es también importante que los imanes queden en el centro del compás, por lo que si sólo se necesita uno, se le insertará en el agujero central. Si se necesitan más de uno, se colocarán simétricamente. Periódicamente, se examinará el estuche para cerciorarse de que permanece en el mismo sitio.

Debe tenerse presente además que, toda alteración en los imanes de escora, ya sea acercarlos, alejarlos, sacar o agregar, con la intención de eliminar oscilaciones, implica una alteración en el magnetismo inducido en la barra Flinders, lo que repercute a su vez, en el coeficiente " $B$ ". Por esta razón cuando se observa que existe error de escora en los compases; sólo se eliminará en los de gobierno, porque ningún corrector del magistral puede ser movido sino se procede a determinar una nueva Tabla de desvíos".



Estuche de Escora

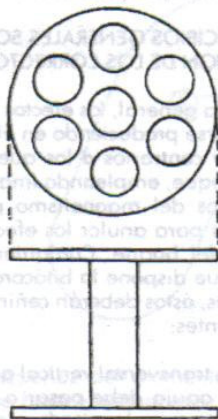


Figura 15.56

### 15.57 EJEMPLO DE CALCULO DE LA CONSTANTE.

En un lugar en que  $H = 1,3$  y  $\text{tg } \Theta = 0,175$  se llevó a tierra una balanza de escora y quedó horizontal con el peso en graduación 5 (lectura de la graduación por el canto interior del peso). Calcular la constante.

$$\text{Constante} = \frac{Z}{n} \quad \text{pero } Z = H \text{ tg } \Theta$$

$$\text{Luego constante} = \frac{H \text{ tg } \Theta}{n}$$

$$= \frac{1,3 \times 0,175}{5} = 0,0455$$

### 15.58 EJEMPLO DE CALCULO DE LA GRADUACION EN QUE DEBERA COLOCARSE EL PESO A BORDO.

Si sabemos que la constante de una balanza es igual a 0,15 y  $u = 0,8$ ; en qué graduación deberá colocarse el peso normal para corregir el error de escora en San Antonio donde  $Z = 0,84$ .

Sabemos que:

$$n = \frac{Z}{\text{Constante}} = \frac{0,84}{0,15} = 5,6$$

y que  $n' = n \times u = 5,6 \times 0,8 = 4,48$ .

Luego el peso se colocará en la balanza a bordo en San Antonio, en la graduación 4,5.

### 15.59 OTRO EJEMPLO.

1° En Portsmouth donde  $Z = 0,42$  se colocó la balanza horizontal en tierra obteniendo  $n = 22$ . Si  $u = 0,8$ . ¿Cuál será  $n'$  a bordo?

$n' = n \times u = 22 \times 0,8 = 17,6$  (en el extremo Sur por estar el buque en H.N., ya que  $Z$  es +).

2° ¿Qué valor tendrá  $n'$  en el mismo buque en Simonstown donde  $Z = -0,32$ ?

$$\text{Sabemos que } \frac{Z_1}{n_1} = \frac{Z_2}{n_2} \quad \text{luego}$$

$$\text{En Simonstown } n_2 = \frac{n_1 Z_2}{Z_1}$$

$$= \frac{22 \times (-0,32)}{0,42} = -16,7$$

En Simonstown  $n' = n_2 \times u = -16,7 \times 0,8 = -13,3$ .

El signo menos indica que el viajero debe colocarse en el lado opuesto que estaba en el 1er. lugar.

### 15.60 EFECTOS DE LOS IMANES VERTICALES SOBRE LA BARRA FLINDERS.

La principal inducción en la barra Flinders la producen los imanes verticales instalados en el estuche de escora, tal como lo indica la figura 15.60.

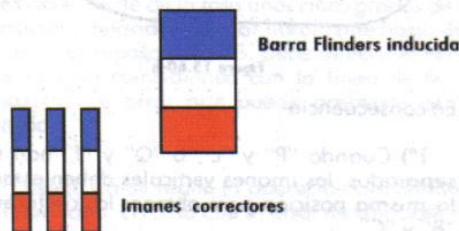


Figura 15.60



Si la barra Flinders está colocada por la cara de proa del compás, como lo muestra la figura 15.60-a, podemos ver que:

1º) Cuando se alteran los imanes verticales, se produce una variación en la componente "P".

2º) Cuando se altera el largo de la barra Flinders se produce una alteración en la componente "P".

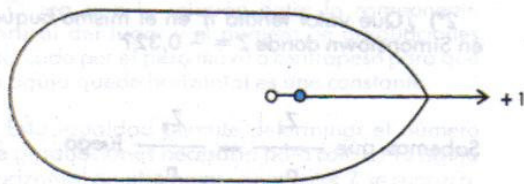


Figura 15.60-a

Del mismo modo, cuando se gira la barra Flinders, se produce un cambio en la componente Q, como lo muestra la figura 15.60-b.

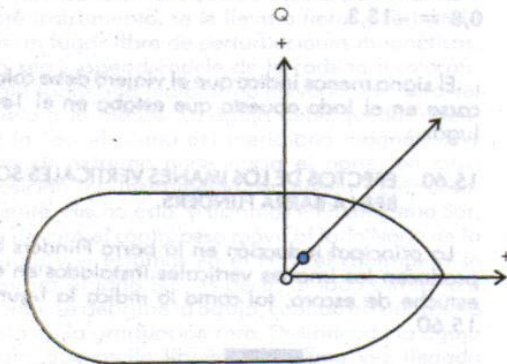


Figura 15.60-b

En consecuencia:

1º) Cuando "P" y "c", ó "Q" y "f" han sido separados, los imanes verticales deben estar en la misma posición para obtener los coeficientes "B" y "C".

2º) Cuando se corrige la escora, se produce un desvío semicircular diferente, lo que hace necesario determinar una nueva Tabla de desvíos.

3º) Cuando se altera el largo de la barra Flinders variarán las componentes "P" y "Q".

#### 15.61 PRINCIPIOS GENERALES SOBRE LA COLOCACION DE LOS CORRECTORES.

Como regla general, los efectos perturbadores deben anularse produciendo en el compás efectos iguales y contrarios a los que producen los fierros del buque, empleando imanes para anular los efectos del magnetismo permanente y fierros dulces para anular los efectos de los fierros dulces del buque. Cualquiera que sea el arreglo de que dispone la bitácora para colocar los correctores, éstos deberán ceñirse a las condiciones siguientes:

a) El plano transversal vertical que pasa por el centro de la aguja debe pasar a su vez por el centro de los imanes longitudinales, de las esferas y de los imanes verticales.

b) El plano longitudinal vertical que pasa por el centro de la aguja debe pasar por el centro de los imanes transversales, de los verticales y de la barra Flinders.

c) El plano horizontal que pasa por la aguja debe pasar por el centro de la esfera y por un punto de la barra Flinders que se encuentra a un doceavo de su largo del extremo superior.

Para reducir la inducción conviene observar las indicaciones siguientes:

a) Colocar la barra Flinders lo más lejos que se pueda de los imanes.

b) Colocar los imanes transversales por el lado opuesto de la bitácora en que va la barra Flinders.

c) Colocar los imanes verticales lo más bajo posible, es preferible muchos imanes lejos a pocos cerca.

d) Es preferible colocar grandes esferas alejadas a usar pequeñas y cerca.

e) Esferas e imanes longitudinales se colocarán simétricamente, esto es, por pares, lo que produce inducción igual y opuesta.

NOTA: Una esfera tiene la mitad de efecto que dos. A veces en buques livianos es preciso colocar una solamente.

Con respecto a los correctores de fierro dulce y la rosa conviene tener presente para reducir la inducción lo siguiente:

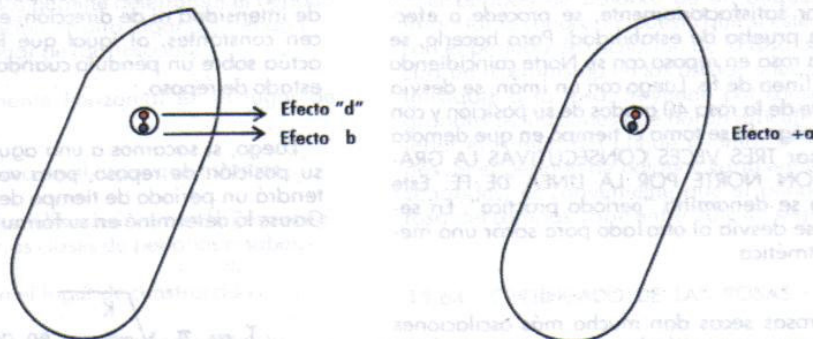


Figura 15.61

a) La pequeñez del momento magnético de una rosa, se hace evidente ante la magnitud de las perturbaciones.

b) Colocar los correctores de hierro dulce, lo más lejos que se pueda del compás.

Con respecto a la barra Flinders, vemos que cuando ésta va colocada en el eje longitudinal, produce un pequeño parámetro "+a" como se ve en la figura 15.61; y en consecuencia el coeficiente "D" aumentará. En cambio cuando va colocado a cierto ángulo con el eje longitudinal, producen parámetros "b" y "d" adicionales como se ve en la misma figura, y que alteran el coeficiente "E".

"En consecuencia cuando se altera la magnitud de la barra Flinders el desvío semicircular y cuadrantal varían, en cuyo caso —siempre que sea posible— se procederá a compensar nuevamente y si no fuera posible, tomará una Tabla de desvíos en la primera oportunidad".

#### 15.62 PRUEBAS DE SENSIBILIDAD Y ESTABILIDAD DE LAS ROSAS.

Para que una rosa sea buena debe ser "sensible y estable". Una rosa es "sensible" cuando acusa toda alteración en el rumbo, por pequeña que sea; las agujas múltiples tienen este objeto, al igual que el material con que se fabrican el "estilo" y el "chapitel" que al ser duros disminuyen la fricción a un mínimo, contribuyendo a lo mismo el reducido peso de la rosa.

Que una rosa sea "estable" significa que no debe apartarse del meridiano del compás con los balances, guiñadas, vibraciones, etc. Para ello se le monta de tal manera que, su centro de gravedad queda por debajo del de suspensión; con ello se consigue anular la inclinación debido a la

fuerza vertical terrestre (Z) y que tenga la mayor cantidad de magnetismo las propias agujas, además de la fuerza orientadora H del magnetismo terrestre.

Tanto la sensibilidad como la estabilidad pueden comprobarse; la primera depende del mayor o menor roce entre las piezas que la componen, y la segunda de la cantidad de magnetismo que tengan las agujas. Ver párrafo 4.08.

Estas pruebas se hacen en tierra, en un lugar libre de perturbaciones magnéticas extrañas al magnetismo terrestre, lo que se puede verificar por medio de demarcaciones recíprocas entre puntos situados a 50 metros como mínimo, las que deben resultar iguales y contrarias; en caso que esta condición previa no se cumpla, se buscará otro lugar.

**SENSIBILIDAD.** Una vez comprobada la bondad del terreno, se coloca el mortero en el centro del sitio elegido, dejando la rosa en reposo y la línea de fe coincidiendo con el norte de la rosa; es decir, que la línea de fe quede en el meridiano magnético. Conseguido esto, con un imán, se desvía el Norte de la rosa unos cinco grados de su posición, dejándola oscilar libremente hasta que vuelva al reposo perfecto. Debe quedar el Norte de la rosa coincidiendo con la línea de fe. El máximo de error que puede aceptarse es  $1/4$  grado.

Enseguida se repite la operación desviándola al otro lado. En caso que el error en coincidencia sea mayor de  $1/4$  grado, se procede a cambiar el estilo o el chapitel o ambos si fuera necesario, repitiendo nuevamente esta prueba a cada lado. Si el error insiste; habrá que cambiar la rosa por mala ya que carece de fuerza orientadora.



**ESTABILIDAD.** Una vez terminada la prueba anterior satisfactoriamente; se procede a efectuar la prueba de estabilidad. Para hacerlo, se deja la rosa en reposo con su Norte coincidiendo con la línea de fe. Luego con un imán, se desvía el Norte de la rosa 40 grados de su posición y con un cronógrafo se toma el tiempo en que demora en pasar TRES VECES CONSECUTIVAS LA GRADUACION NORTE POR LA LINEA DE FE. Este tiempo se denomina "período práctico". En seguida se desvía al otro lado para sacar una media aritmética.

Las rosas secas dan mucho más oscilaciones que las anteriores debido que no van sumergidas en líquido; luego, no tienen la gran resistencia de las otras, por esto, para determinar el período práctico en las rosas secas se toma el tiempo de once pasos consecutivos del Norte por la línea de fe y este tiempo dividido por cinco da el "período práctico".

Cuando se opera con rosas líquidas debe tenerse un termómetro para tomar la temperatura ambiente, ya que sus períodos variarán con la densidad del líquido. Es conveniente entonces, que cuando se tome estabilidad a estas rosas, antes de proceder a la prueba, esperar un tiempo prudencial (30 a 60 minutos) para que el compás se ajuste a la temperatura existente, puesto que el termómetro es más sensible a las variaciones de temperatura. Debe cuidarse de no exponer directamente a los rayos solares al termómetro.

Para saber si la estabilidad de la rosa está buena o mala, será necesario comparar el período práctico en el lugar, con el período teórico que debe tener la rosa en el mismo lugar. Si el período práctico es menor que el teórico, la rosa está buena. Si el período práctico es mayor de 3 segundos que el teórico, la rosa está mala puesto que le falta fuerza orientadora.

El cálculo para determinar el período teórico en una rosa, difiere según se trate de una rosa seca o líquida, debido a que en la última, debe tomarse en cuenta la temperatura.

### 15.63 PERIODO DE LAS ROSAS.

Sabemos que una aguja suspendida libremente se orienta según las líneas de fuerzas del campo magnético terrestre y, si se le desvía de esta posición de equilibrio, las fuerzas magnéti-

cas que la restituyen a esa posición no cambian de intensidad ni de dirección; es decir permanecen constantes, al igual que la gravedad que actúa sobre un péndulo cuando se le saca de su estado de reposo.

Luego, si sacamos a una aguja magnética de su posición de reposo, para volver a su origen tendrá un período de tiempo de oscilación y que Gauss lo determinó en su fórmula:

$$T = \pi \sqrt{\frac{K}{M H}} \text{ en donde}$$

$K$  = Momento de inercia de la aguja (masa por radio<sup>2</sup>).

$M$  = Momento magnético (ml).

$H$  = Componente horizontal del magnetismo terrestre.

$m$  = Potencia magnética del imán.

$l$  = distancia de los polos del imán.

Si una rosa oscila un valor  $T$  en un lugar, va oscilar un valor  $T'$  en otro lugar, porque  $H$  ha variado.

$$\text{Luego en un lugar } T = \pi \sqrt{\frac{K}{M H}}$$

$$\text{otro lugar } T' = \pi \sqrt{\frac{K}{M H'}}$$

$$\text{Entonces } \frac{T}{T'} = \frac{\sqrt{H'}}{\sqrt{H}}$$

$$\text{De aquí: } \frac{(T)^2}{(T')^2} = \frac{H'}{H}$$

$$\text{Luego } T' = T \sqrt{\frac{H}{H'}}$$

expresión que nos permite determinar el período teórico de oscilación en otro lugar ( $T'$ ) siendo  $T =$  período en el lugar de construcción.

$H$  = componente horizontal en el lugar de construcción.

$H'$  = La misma en el lugar que estamos.

De todo lo anterior se deduce que la Rosa magnética tiene varias clases de períodos a saber:

- 1º) Período en el lugar de construcción.
- 2º) Período teórico en el lugar que se está.
- 3º) Período práctico en el lugar que se está.
- 4º) Período a bordo.

El primero es el tiempo ( $T$ ) que demora en oscilar una rosa en el lugar de construcción. Este dato está dado en el certificado que acompaña a toda rosa y permite calcular el período ( $T'$ ) en el lugar que se está, conociendo  $H$  y  $H'$ .

El tercero, es el período práctico que se determinó en la prueba de estabilidad, se compara con el segundo, o sea con el que debiera tener la rosa en el lugar que se está, cuya diferencia en segundos de tiempo determina si la rosa esta BUENA o MALA.

El cuarto, período a bordo, sirve para determinar en qué parte del buque la componente horizontal " $H$ " del magnetismo terrestre, está menos influenciada por los fierros dulces, que son sus grandes perturbadores, y poder determinar el sitio de mejor ubicación de un compás, lo que se hará donde el período sea menor, ya que ahí  $H'$  (fuerza directriz a bordo) es mayor y en consecuencia tendrá un coeficiente  $\lambda$  grande.

El período de balance de un buque es muy importante conocerlo, puesto que si éste coincide con el período de oscilación de la rosa, se producirá un isocronismo en las oscilaciones que hará inestable a la rosa, trayendo por consecuencia grandes oscilaciones que harán dificultoso mantener el rumbo del buque y tomar demarcaciones. Si el período de balance varía entre 12 y 18 segundos, es conveniente que el período de la rosa del compás varíe entre 20 y 40 segundos.

#### 15.64 CERTIFICADO DE LAS ROSAS.

Toda rosa viene estibada en una caja de madera y envuelta cuidadosamente en papel de seda. En un sobre adjunto trae su certificado en el que viene anotado:

- 1) Peso en Grains (15,5 gramos = 1 grain).
- 2) Diámetro en pulgadas.
- 3) Número y largo de las agujas.
- 4) Período en el lugar de construcción con su respectiva temperatura si es rosa líquida.
- 5) Lugar de construcción.
- 6) Número de la rosa que viene también impreso en ella.

#### TABLA PARA CORREGIR POR TEMPERATURA LAS ROSAS LIQUIDAS.

| ROSAS         | -1°,1 | +4°,4 | +10°,0 | +15°,6 | +21°,1 | +26°,7 | +32°,2 |
|---------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 6"½ Chetwynd  | 44s   | 40s   | 37s    | 34s    | 32s    | 30s    | 29s    |
| 6"½           | 40    | 36    | 33     | 30     | 28     | 27     | 26     |
| 6" Heath      | 36    | 33    | 30     | 27     | 25     | 24     | 23     |
| 4" Botes      | 30    | 26    | 24     | 22     | 20     | 19     | 18     |
| 3" Portátiles | 21    | 18    | 16     | 14     | 12     | 11     | 10     |



## 15.65 EJEMPLOS DE PERIODOS DE ROSAS.

En Valparaíso  $H' = 1,4$ , una rosa Chetwynd de  $6\frac{1}{2}$  pulgadas dio un período práctico de 20,5 segundos con una temperatura en el lugar de  $12^{\circ}\text{C}$ .

El certificado dice  $H = 1,12$  Período teórico 24,75 segundos, temperatura  $15^{\circ}\text{C}$ .

indicar estado de estabilidad de la rosa.

1° Se determina el período teórico en Valparaíso para la  $\Theta$  del certificado ( $15^{\circ}\text{C}$ ).

$$T' = T \sqrt{\frac{H}{H'}} = 24,75 \sqrt{\frac{1,12}{1,40}} \\ = 24,75 \times \sqrt{0,8}$$

$$T' = 24,75 \times 0,8944 = 22,14 \text{ segundos.} \\ (\text{a } 15^{\circ}\text{C}).$$

2° Se reduce este período teórico a la temperatura de la observación ( $12^{\circ}\text{C}$ ).

De la tabla:

|           |               |
|-----------|---------------|
|           | 15°,6 — 34s,0 |
|           | 10°,0 — 37s,0 |
|           | 5°,6 — 3s     |
| (15°-12°) | 3,0 — x       |

$$X = \frac{3 \times 3}{5,6} = + 1,60$$

|                              |          |
|------------------------------|----------|
| PT para $15^{\circ}\text{C}$ | = 22,14s |
| Correcc $3^{\circ}\text{C}$  | = + 1,60 |
| PT para $12^{\circ}\text{C}$ | = 23,74  |
| P práctico                   | = 20,50  |
| dif.                         | = 3,24   |

a menor temperatura mayor densidad líquida, entonces:

a menor temperatura mayor período, luego  $\text{Co} = +$

La rosa está buena porque el período práctico es "menor" que el teórico.

OTRO EJEMPLO: En Arica con  $H' = 1,48$  una Rosa líquida de  $6\frac{1}{2}$  pulgada de diámetro dio un período práctico de 29.5 segundos con  $15^{\circ}\text{C}$  de temperatura ambiente.

El certificado dice para  $H = 1$  Período 28 segundos con  $18^{\circ}\text{C}$ .

Se pide las condiciones de estabilidad de la rosa.

PT en Arica para  $\Theta = 18^{\circ}\text{C}$ .

$$T' = \sqrt{\frac{H'}{H}}$$

$$T' = 28 \sqrt{\frac{1,00}{1,48}}$$

$$T' = 23,01\text{s a } 18^{\circ}\text{C}$$

Se reduce este período teórico a  $15^{\circ}\text{C}$ :

Tabla:

|           |             |
|-----------|-------------|
|           | 21°,1 — 28s |
|           | 15°,6 — 30s |
|           | 5°,5 — 2    |
| (18°-15°) | 3° — x      |

$$X = \frac{3 \times 2}{5,5} = 1,09$$

|                              |           |
|------------------------------|-----------|
| PT para $18^{\circ}\text{C}$ | = 23,01 s |
| Co. $\Theta 3^{\circ}$       | = + 1,09s |
| PT para $15^{\circ}\text{C}$ | = 24,10s  |
| P práctico                   | = 29,50   |
| dif.                         | = 5,40s   |

Rosa Mala, porque el período práctico es "mayor" de 3 segundos que el teórico.

TABLA PARA OBTENER LOS PERIODOS TEORICOS

## COMPASES LIQUIDOS

Temperatura en C°

Factor 0.845

| DIAM.  | -12°2 | -6°7 | -1°1 | +4°4 | +10°0 | +15°0 | +21°0 | +26°7 | +32°2 | +37°8 |
|--------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 10"    | 34    | 32   | 28   | 26   | 24    | 22    | 20    | 19    | 18    | 17    |
| 9"     | 32    | 28   | 26   | 24   | 22    | 20    | 19    | 18    | 17    | 15    |
| 8"     | 28    | 26   | 24   | 22   | 20    | 19    | 18    | 17    | 16    | 14    |
| 7 1/2" | 26    | 24   | 22   | 20   | 18    | 17    | 16    | 15    | 14    | 13    |
| 6 1/4" | 24    | 22   | 20   | 18   | 16    | 15    | 14    | 14    | 13    | 12    |
| 5 y 4" | 17    | 16   | 15   | 13   | 12    | 11    | 10    | 10    | 9     | 8     |

NOTA.— Toda rosa que tenga sensibilidad mayor de  $1/4^\circ$  deberá rechazarse. Ninguna rosa deberá tener más de 3 segundos de magnetismo en contra. Igualmente deberá rechazarse toda rosa que se acerque en su período al período de balance del buque. Para obtener el Período Teórico en el lugar de observación se deberá multiplicar el período dado por esta tabla por 2 y por el factor 0.845.

## 15.66 PRACTICA DE LA COMPENSACION.

Los preparativos, pruebas y precauciones que anotamos a continuación deben hacerse y tenerse presente antes de compensar.

## A) PRUEBAS EN TIERRA.

Se deberá llevar a tierra con la debida anticipación a un lugar antimagnético, todos los morteros del buque y la balanza de escora del buque. A los morteros se le hacen las pruebas de "sensibilidad y estabilidad" conforme a lo explicado en el párrafo 15.62.

A la balanza de escora se le determina la graduación en que queda el contrapeso, cuando está horizontal en tierra, el valor de esta graduación multiplicada por "u" (miu), nos da el valor de la graduación que debemos colocar en la balanza cuando la instalemos a bordo para efectuar la corrección de escora. Si no se conoce el valor de miu (u), se usa  $u = 0,8$ .

## B) PRUEBAS A BORDO.

**BARRA FLINDERS.** Se probará la barra flinders estando el buque con su proa fija. Para ello se coloca la barra verticalmente y en las cercanías

del compás, aproximadamente en la dirección de la graduación Este del compás, anotando la demarcación a un objeto lejano. Inviértase la barra flinders y anótese la demarcación del mismo objeto lejano. "Se acepta una diferencia máxima de dos grados". Si hay mayor diferencia, se desimantará calentándola al rojo y dejándola enfriar lentamente. Si calentada vuelve a demostrar imantación permanente, indica que no es de hierro dulce puro y no debe usarse.

También puede hacerse esta prueba con proa al Este del compás y sin correctores. Se coloca la barra flinders y se anota el desvío que produce. Se invierte la barra y anote el nuevo desvío; debe ser igual al anterior o tener una diferencia máxima de  $2^\circ$ , de lo contrario la barra tiene imantación propia o permanente. Para desimantarla se procede como se explicó anteriormente.

**ESFERAS.** Con proa al Norte y sin correctores se colocan las esferas pegadas al Cubichete y se viran de  $90^\circ$  en  $90^\circ$ , anotando los desvíos que experimenten las agujas; si son mayores de  $1/2$  grado, las esferas están imantadas. Se desimantan igual que la barra flinders.

Esta prueba se hará separadamente por cada esfera.



A veces, sin necesidad de probar y que por lo general se hace, es calentar al rojo cereza las esferas y flinders, dejándolas enfriar lentamente, cuidando que la barra flinders quede en dirección E-W, para que no vuelva a adquirir polaridad con el magnetismo terrestre. Si calentadas y enfriadas, demuestran imantación permanente, indica que no es hierro dulce puro y no deben usarse.

#### IMANES CORRECTORES.

El ideal será tener imanes correctores "saturados"; es decir, con todo su poder magnético, pero resulta que no siempre es posible esto, pues algunos imanes, pierden por diferentes causas algo de su magnetismo, con lo que tendremos imanes con diferentes valores magnéticos, que tendrán consecuencia cuando se corrige con imanes por pares. Lo anterior hace necesario que tengamos perfectamente bien catalogado los imanes en cuanto a su fuerza magnética. Hay varias maneras de hacerlo, pero en la práctica se procede como sigue:

A la proa N ó S magnética se determina el desvío o la demarcación a un objeto lejano, se introduce el imán que se va a probar, en el casillero transversal superior (así queda a 90° de la posición de las agujas del compás) y se anota la diferencia de desvío o demarcación que produce. Se saca este imán, se marca con un número y se anota dicha diferencia o efecto desviatorio en una lista. Se introduce otro imán y se procede en idéntica forma y así sucesivamente. Una vez que han pasado todos los imanes, se agrupan los que producen desvíos iguales o muy cercanos. Indudablemente que aquellas que desvían más cantidad, serán los mejores puesto que están indicando que tienen más poder magnético.

Es muy importante para que el imán no pierda magnetismo, usar una correcta estiba, evitando que queden éstos en contacto con polos del mismo nombre entre sí.

Los imanes que han perdido mucho magnetismo pueden ser reimantados con ayuda de un solenoide. Es aconsejable usar después de un mes los imanes que hayan sido reimantados, debido que durante ese tiempo pierden un poco su magnetismo permanente.

#### LINEA DE FE.

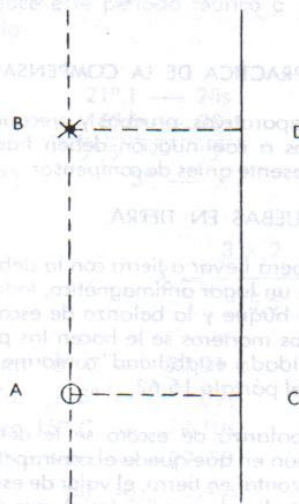
La línea de fe de un compás, debe coincidir con la dirección de la quilla. Para verificarlo, bastará demarcar en la "Rosa Muda" del compás el yack o cualquier parte correspondiente al centro del

buque. La demarcación deberá coincidir con la línea 0 — 180 de la rosa muda. Si no sucede, indica que la línea de fe no coincide con la línea de quilla. Para corregir, habrá que desplazar o girar la bitácora hasta conseguirlo.

Hay algunos compases, desde los cuales, no se puede demarcar el yack o algún punto central. En este caso se marcan en cubierta, a igual distancia de la roda, por ejemplo, dos candeleros de la baranda o toldo, o dos marcas en cubierta, a los lados del castillo, que se vean desde el compás.

Estas marcas se demarcan con el compás y la línea de fe debe quedar en la bisectriz del ángulo que forman. Si no lo está, significa que el compás no está en la línea de quilla del buque y debe moverse la bitácora hasta que la línea de fe queda en la bisectriz del ángulo. Es decir que el ángulo entre la línea de fe y la marca de estribor, sea igual al ángulo entre la marca de babor y la línea de fe.

Si se trata de un compás fuera del eje longitudinal por ejemplo A en la figura, se medirá su distancia AC al eje, y se demarcará un punto B lo más distante posible de A y a una distancia BD = AC del eje longitudinal.



#### LA ALIDADA.

Se verificará que la alidada no tenga error. Generalmente cuando tiene error se debe a que el prisma de reflexión no está horizontal. Para verificarlo se demarca un objeto lejano con él directo y después con él invertido; si las demarcaciones no son iguales, la mitad de la diferencia es el error con el signo correspondiente.



### BITÁCORA Y MORTERO.

Esto interesa más que nada al encargado de comprar este material o cuando se instala un compás nuevo a bordo.

1º) Nivelada una bitácora y mortero, se le colocan los imanes de escora en el fondo del tubo vertical. Se pone la proa de la bitácora al Norte del compás y levante despacio el imán de escora hasta arriba y no debe producir desvíos. Si se producen el mortero no está exactamente centrado y se corrige con el tornillo de los muñones. Si la deflexión de la rosa continuase, indica que el tubo de escora no es vertical o no es central.

Se repite esta prueba con proa de la bitácora al Este.

2º) Con la proa de la bitácora al norte del compás se suben los imanes longitudinales con azul a proa; no deben producir desvíos. Si lo producen el plano vertical de los imanes no es paralelo al plano longitudinal del compás.

3º) Con la proa al Este hace la misma prueba anterior con los imanes transversales.

4º) Error de excentricidad de una rosa no puede existir, dado el examen que se les somete antes de ser lanzada al mercado, pero puede en cambio descentrarse por dobladura del estilo del mortero. Se verifica colocando el mortero con la línea de fe de N. a S. en la rosa. Con imán desvía la rosa 180°, si junto con coincidir el N de la rosa con la línea de fe de popa del mortero, coincide el Sur de la rosa con la línea de fe de proa, no hay excentricidad del estilo. Debe repetirse esta prueba con las líneas de fe de Este a Oeste.

Este error, tiene influencia en el coeficiente "A".

### 15.67 PRECAUCIONES QUE DEBEN TOMARSE ANTES DE COMPENSAR O DE OBSERVAR DESVÍOS.

Antes de compensar o de tomar desvíos, el buque debe estar en condiciones de hacerlo; es decir, debe reunir ciertos requisitos, los que se memorizan fácilmente por medio de la palabra nemotécnica BATCLAP:

B: Buques a más de 500 metros, para evitar la influencia de sus campos magnéticos.

A: Adrizado, para que no intervenga la componente horizontal del error de escora.

T: Tiempo mínimo de 4 minutos a cada proa, para evitar la influencia del magnetismo inducido de la proa anterior.

C: Chapitel y estilo en buen estado; es decir, que se hayan efectuado pruebas de sensibilidad y estabilidad.

L: Línea de fe en el eje longitudinal del buque o paralelo a ella.

A: Alidada y altura. Que la alidada no tenga error — Altura del astro mayor de 15° para evitar errores propios del instrumento y menor de 30° para evitar que un pequeño error en la hora influya en la exactitud del desvío.

P: Pescantes, plumas, en general todo fierro o aceros móviles deben estar en su posición de trincado para la mar. Que la profundidad sea mayor de 23 metros.

### 15.68 COMPENSAR.

Cumplidas todas las exigencias anteriormente nombradas, puede darse comienzo al trabajo de compensación.

Sabemos que los métodos de que se dispone para determinar los desvíos son cinco:

- 1) Por azimut de Sol o astro.
- 2) Por azimut de un objeto terrestre.
- 3) Por demarcaciones reciprocas.
- 4) Por demarcaciones a una enfilación.
- 5) Por comparación con el girocompás.

El sistema que más se recomienda es el método por azimut de Sol.

Para este método se requiere confeccionar previamente una curva de azimutes de Sol para las Hvl entre las cuales se va a compensar.

### 15.69 CONSTRUCCION DE LA CURVA DE AZIMUT.

Si confeccionamos una "curva de azimutes" para las "horas verdaderas" entre las cuales se va a determinar desvíos, el trabajo en el puente será rápido y se evitarán equivocaciones difíciles de remediar. Las curvas se confeccionan:

- a) Verdaderas.
- b) Magnéticas.



## CURVA DE AZIMUTES MAGNETICOS

Fecha: 11 de Septiembre 1978

Vm<sub>g</sub> 8° 5' E

G - 71° 38' 6" W

L - 33° 00' S

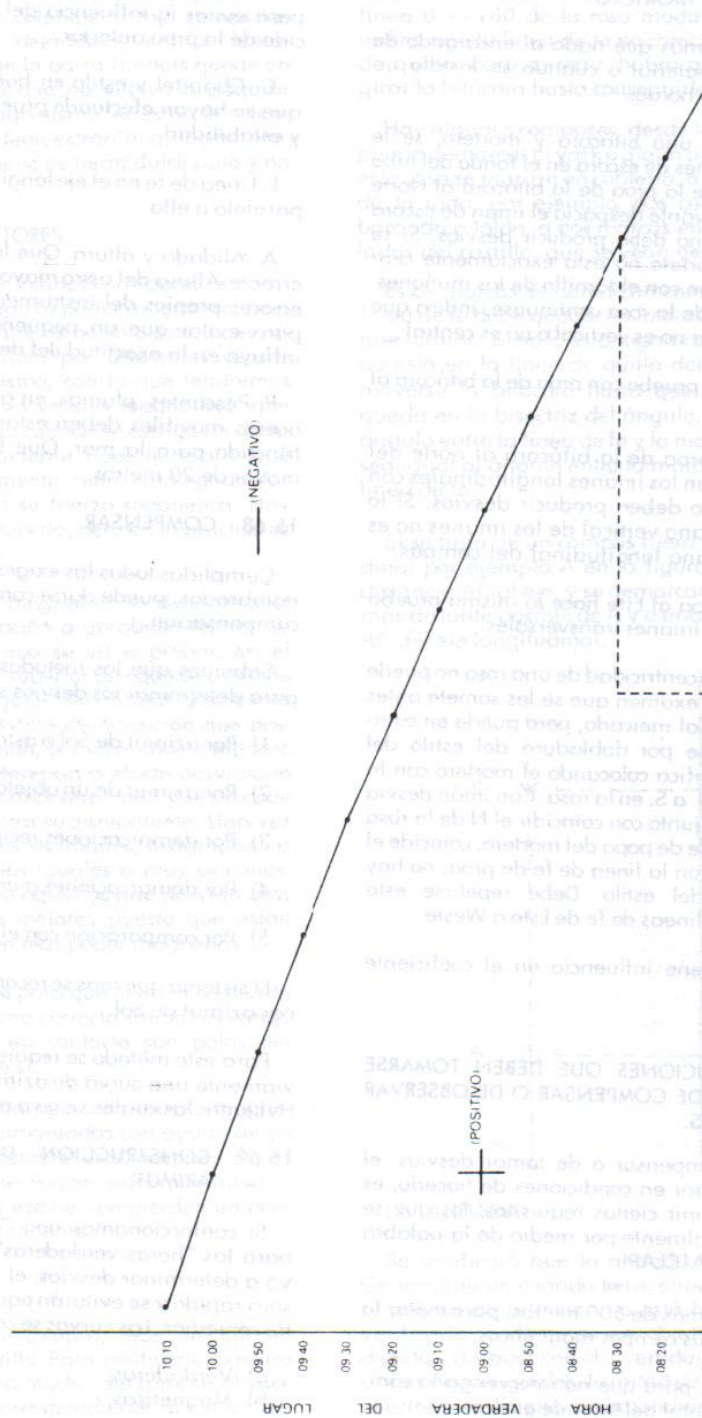


Figura 15.69

La confección de una u otra depende del grado de "exactitud de la variación magnética del lugar". Cuando ésta, es de confianza se hará magnética, pero si no hay seguridad en la variación, se confeccionará "verdadera". La "magnética" dará el "desvío directamente" la verdadera el "error del compás ( $Vmg + A + \Delta$ )".

Construyamos una curva de azimutes magnéticos.

Supongamos que deseamos tomar una Tabla de desvíos el 11 de Septiembre de 1978 en  $L = 33^{\circ} 00' S$ ,  $G = 71^{\circ} 38',6 W$ , entre las horas zonas 09.00 y 11.00 horas  $Z + 4$ . Variación magnética  $8^{\circ},5 E$ .

Lo primero que deberemos saber será a qué Hvl corresponderá las horas zonas anteriormente indicadas:

Hvl = 09h 00m 00s  
 Zh = 04h 00m 00s  
 HmGr = 13h 00m00s  $D \odot = 04^{\circ},5 N$   
 G = 04 46 35 W  
 Hml = 08 13 25  
 Et = +03 17  
 Hvl = 08 16 42  
 corresponde a las Hz 09.00  
 Hvl = 10 16 42  
 corresponde a la Hz 11.00

Enseguida calcularemos el azimut verdadero por Tablas, en decena de minutos de tiempo con el objeto de economizar una interpolación. En el presente caso calcularemos el Azv para los Hvl 0810 - 0820 - 0830 - 0840 - 0850 - 0900 - 0910 -

0920 - 0930 - 0940 - 0950 - 1000 - 1010. A estos azimutes verdaderos les corregimos la Vmg y obtendremos los correspondientes azimutes magnéticos.

Enseguida en un papel milimetrado, sobre dos ejes perpendiculares se tomarán las Hvl como ordenadas y las Azmg como abscisas, obteniéndose así la curva de azimutes magnéticos. (Fig. 15.69).

\*La corrección total se obtiene calculándola para la Hvl media (0910 horas en este caso), e interpolando por Declinación nos dará una corrección total media, que se corregirá a cada ZB para obtener el ZB corregido. Con este sistema se evitan las correcciones largas que significaría hacer la corrección por L y D en cada una de las horas, sin obtener un mayor beneficio en la exactitud del cálculo final.

La curva entonces, se construye con la primera y última columna del cuadro anterior (Hvl y Azmg) (Fig. 15.69).

La escala es arbitraria e independiente la horizontal de la vertical. Es muy recomendable tomar 10 mm. por grado y 1 mm. por minuto de tiempo (Papel milimetrado).

Del diagrama (figura 15.69) se deduce, en este caso, que si los Azc quedan a la izquierda de la curva, los desvíos serán positivos y si quedan a la derecha, serán negativos. Por ejemplo; si a la Hvl 0830, el Azc es de  $45^{\circ}$ , el desvío será  $+9^{\circ},9$ , que es lo que falta para cortar a la curva de azimut magnético. (Fig. 15.69).

#### CALCULO DE LOS AZIMUTES MAGNETICOS

| Hvl  | ZB           | correc.<br>total (X D)<br>★ | ZB co         | Azv    | Vmg    | Azmg   |
|------|--------------|-----------------------------|---------------|--------|--------|--------|
| 0810 | S 112° 37' E |                             | S 113° 03.0 E | 067° 0 |        | 058° 5 |
| 0820 | 114° 22'     |                             | 114° 48.0     | 065° 2 |        | 056° 7 |
| 0830 | 116° 11'     |                             | 116° 37.0     | 063° 4 |        | 054° 9 |
| 0840 | 118° 05'     |                             | 118° 31.0     | 061° 5 |        | 053° 0 |
| 0850 | 120° 03'     |                             | 120° 29.0     | 059° 5 |        | 051° 0 |
| 0900 | 122° 06'     |                             | 122° 32.0     | 057° 5 |        | 049° 0 |
| 0910 | 124° 16'     | + 26'.0                     | 124° 42.0     | 055° 3 |        | 046° 8 |
| 0920 | 126° 31'     |                             | 126° 57.0     | 053° 0 | 8° 5 E | 044° 5 |
| 0930 | 128° 52'     |                             | 129° 18.0     | 050° 7 |        | 042° 2 |
| 0940 | 131° 21'     |                             | 131° 47.0     | 048° 2 |        | 039° 7 |
| 0950 | 133° 57'     |                             | 134° 23.0     | 045° 6 |        | 037° 1 |
| 1000 | 136° 41'     |                             | 137° 07.0     | 042° 9 |        | 034° 4 |
| 1010 | S 139° 34' E |                             | S 140° 00.0 E | 040° 0 |        | 031° 5 |



Para trabajar con esta curva deberá previamente colocarse el comparador, a un buen reloj, por la Hora verdadera del lugar. Para este fin, se le compara con el cronómetro y se deduce la Hml, la cual se reduce a verdadera aplicándole la Et. La diferencia de esta hora (Hvl) con la hora del comparador correspondiente dará la cantidad que deberá adelantar o atrasar el comparador.

Ejemplo. Determinar la corrección que debe aplicarse a un comparador para que marque el tiempo verdadero, siendo en el comparador las 0700 horas el 11 de Septiembre de 1978. Datos: Ea = 00h 00m 24,0s; cp = 04h 59m 47s; G = 04h 46m 48s W.

|      |   |               |
|------|---|---------------|
| Hcp  | = | 07h 00m 00s   |
| cp   | = | 04h 59m 47s   |
| Ea   | = | 00h 00m 24s   |
| HmGr | = | 12h 00m 11s   |
| G    | = | 04h 46m 48s W |
| Hml  | = | 07h 13m 23s   |
| Et   | = | + 03m 16s     |
| Hvl  | = | 07h 16m 39s   |
| Hcp  | = | 07h 00m 00s   |
| Dif  | = | 00h 16m 39s   |

es decir el comparador debe adelantarse 17 minutos para dejarlo a la Hvl.

Si se desea, puede también colocarse al lado de las Hvl en la curva las correspondientes Horas zona y utilizar esta hora para sacar el desvío de la curva de azimut. Pero es preferible, para evitar confusiones, trabajar con la Hvl conforme lo hemos explicado.

#### 15.70 METODO Y ORDEN DE TRABAJO PARA COMPENSAR.

Una vez el buque BATCLAP, comparador por Hvl y confeccionada la curva de azimut; el método y orden que se sigue a bordo es el siguiente:

A) Determinar desvios a 8 proas equidistantes (curva Az).

B) Con estos desvios, calcular los coeficientes (formulario o fórmulas).

C) Compensar o anular estos coeficientes (colocación correctores); que se hace en el orden siguiente:

1º) Desviación cuadrantal (Coeficiente D y E con esferas).

2º) Parámetros "c" y "f" con barra Flinders.

3º) Error de Escora, con imanes verticales.

4º) Desvío semicircular. Los coeficientes B y C, el más grande primero, con imanes longitudinales y transversales respectivamente.

Se efectúa la corrección cuadrantal primero porque las líneas de fuerza de los imanes longitudinales, transversales y de escora son desviadas por las esferas, lo que hará variar la compensación si se colocan estos últimos al principio, para que las condiciones magnéticas que tendrá el compás en definitiva, se aproximen lo más posible desde el comienzo; porque las esferas aumentan la fuerza directriz haciendo más estable la aguja; porque las esferas corrigen parte del error de la escora y por lo tanto deben estar en su puesto, antes de corregir este último con los imanes verticales; y por fin, porque la corrección semicircular se simplificará grandemente una vez hecho la cuadrantal, pues si este es considerable se deberá poner el buque exactamente a las proas magnéticas cardinales, lo que a menudo es difícil obtener.

Viene enseguida la corrección del Flinders, pues corrige también una pequeña parte del error de escora que pueden producir los fierros dulces verticales de la clase "c".

Si no se ha calculado de antemano el largo de la barra puede tomarse aproximadamente una longitud determinada según la experiencia adquirida en otro buque del mismo tipo.

A continuación viene la corrección de la escora, para no dificultar la semicircular que se efectúa al último.

D) Tomar una "Tabla de desvios finales".

E) Calcular los nuevos coeficientes, coeficientes exactos,  $\lambda$  y parámetros.

#### FORMA DE PROCEDER.

##### COEFICIENTE "D".

Si sin esferas colocadas "D" es positivo, deben colocarse de babor a estribor.

Si sin esferas colocadas "D" resulta negativo, deben colocarse de proa a popa.

Si se tiene un valor de "D" positivo en esferas colocadas de babor a estribor, hay que acercarlas para corregir el coeficiente. Si no se puede acercarlas, colocar otras más grandes.

Si se tiene un "D" negativo con esferas colocadas de babor a estribor hay que alejarlos para corregir el coeficiente. Si no se pueden alejar, colocar otras más chicas y, si aún resulta "D" negativo, no poner esferas.



Si se tiene un valor de "D" positivo con esferas colocadas de proa a popa, hay que alejarlos para corregirlo o poner más chicas o no poner esferas.

Si se obtiene un valor de "D" negativo con esferas colocadas de proa a popa, deben acercarse para corregirlo, o colocarse más grandes.

En todo caso, el valor de "D" obtenido con esferas colocadas en cualquier posición, será lo que aún le falta al compás corregirse, de modo que éste no es dato para entrar a la Tabla. Primero se verá cuanto están corrigiendo las esferas colocadas donde están, dato que sumado algebraicamente al coeficiente "D" que se obtiene, servirá para entrar a la Tabla y ver a qué nueva distancia deben dejarse, según el diámetro que tienen.

Como ya se dijo, si el coeficiente "E" tiene valor apreciable en relación a "D" (compás colocado fuera de la línea de crujía), el argumento para entrar a la Tabla en vez de "D" es  $\sqrt{D^2 + E^2}$  y las esferas se colocarán formando un ángulo con el plano transversal cuyo valor se obtiene de:

$$\text{tg } 2 M = \frac{E}{D}$$

siendo M el valor del ángulo.

|                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| + D esferas de través     | + E esfera de estribor a popa |
|                           | - E esfera de estribor a proa |
| - D esfera de proa a popa | + E esfera de proa a babor    |
|                           | - E esfera de proa a estribor |

#### PARAMETRO "c".

Conocido el valor de este parámetro, se entra a la Tabla que da la longitud de la barra Flinders necesaria para corregirlo. Puede corregirse por lo tanto estando el buque fondeado y a cualquier proa.

+ "c" colocar barra Flinders a popa de la bitácara.

- "c" colocar barra Flinders a proa de la bitácara.

#### ERROR DE ESCORA.

Este error se corrige con imanes verticales, disponiéndose de los tres métodos siguientes, ya detallados y explicados anteriormente.

- 1) Con Balanza de Escora a la proa E. o W.
- 2) Sin Balanza de Escora, escorando el buque.

3) Navegando, anulando las oscilaciones, a las proas N. o S.

#### COEFICIENTE "C".

Para corregir este coeficiente, se pone al buque a la proa Norte o Sur, así los imanes transversales con que se corregirá "C" obran en ángulo recto con las agujas.

Si se tiene un "+C" (equivale +Q, azul a estribor) habrá que corregir con imanes con azul a Babor.

Un "-C" se corrige con imanes con azul a estribor.

En la práctica se opera así:

Se pone al Norte o Sur del compás magistral y da un "así" el compás de gobierno, cuando la línea de fe del magistral está exactamente al N. de la aguja. Supongamos que el "así" de un rumbo 357° en el compás de gobierno. El timonel mantendrá esa proa tan exactamente como pueda. Supongamos que se trate de corregir un C = 5° en el magistral.

Después de varios "así" dados al compás de gobierno para verificar que el Norte del magistral corresponde al 357° del de gobierno, se colocan imanes transversales con azul a babor en el magistral, o se sube o bajan si ya los tenía, hasta que el magistral quede al 005°, cuando el de gobierno esté al 357°.

Hecho esto con el magistral, se procede a corregir el coeficiente "C" en el compás de gobierno, para lo cual se pone proa al NORTE MAGNETICO por el compás magistral ( $R_{\text{magistral}} + \text{desvío}$ ) y mantenimiento esta proa, se procederá a colocar en el compás de gobierno imanes transversales con azul a estribor o babor según el signo de su coeficiente llevando así su norte a coincidir con la línea de fe; si no llegaron a coincidir, como el buque navega al Norte magnético, la diferencia con la lectura del compás de gobierno da el desvío de este último con su correspondiente signo.

Indudablemente que si el magistral quedó sin desvío a la proa Norte, el rumbo del compás magistral será igual al Norte magnético y el desvío será la diferencia entre el rumbo del magistral y el rumbo del compás de gobierno con el signo respectivo.

#### COEFICIENTE "B".

Ya vimos como se corregía la parte correspondiente al parámetro "c". Queda por corregir solamente el valor "P", lo que se hace con proa E o W,



en igual forma como si explicó para corregir "C". "+B" (equivalente a + "P") se corrige con azul a popa. "-B" (equivalente a - "P") se corrige con azul a proa. Si no se conocen los valores de "P" y "C" por tenerse un solo valor de "B" se corrige éste como si fuera "P", hasta 10° y el resto como "C". Si se tiene "B" menor de 10°, todo se corrige como P; lo mismo que si se tiene un B mayor o menor a 10° en el Ecuador magnético.

#### REAJUSTAR COLOCACION DE LAS ESFERAS.

Terminadas las operaciones anteriores, conviene reajustar la colocación de las esferas, puesto que se habrán inducido algo, debido a los imanes colocados en la bitácora. Para ello se pone proa NE y se determina el desvío:

Si es "positivo", acerca las esferas o coloca más grandes hasta anular el desvío o dejarlo al mínimo.

Si es "negativo", aleja las esferas, coloca más chicos o las retira, hasta anular o dejar al mínimo el desvío.

#### TABLA FINAL DE DESVIOS.

Inmediatamente al terminar la compensación es necesario tomar una nueva Tabla de desvíos a cada compás, puesto que se han alterado el valor de los desvíos que tienen los compases. Además, los nuevos coeficientes calculados con estos nuevos desvíos, demostrarán la bondad de la compensación hecha, puesto que si resultan coeficientes con valores susceptibles de ser corregidos indican una compensación defectuosa.

Con estas Tablas de desvíos se construyen curvas de desvíos con indicación del compás a que pertenecen y que estarán en lugar visible en el puente para uso de la navegación del buque y que se usarán mientras no haya otra observación de desvíos.

Con los nuevos desvíos a las proas cardinales e intercardinales se calcularán los nuevos coeficientes aproximados y exactos, el valor de  $\lambda$  y parámetros.

#### 15.71 COMPENSACION PRACTICA.

La compensación sin conocer los coeficientes, se le llama "Compensación Práctica" o método de Koch, y aunque no es exacta, si se hace con cuidado, puede dejar un compás en estado de inspirar confianza cuando se necesite de él y no haya tiempo para obtener los coeficientes, ni compensar en forma.

Al llegar a la posición que se va a compensar y estando el buque "BATCLAP" procédase:

1) Colocar esferas a media carrera en sus consolas.

2) Colocar la cantidad de Flinders de acuerdo con el historial o de un buque similar.

3) Eliminar el error de escora con balanza a las proas E o W; o sin balanza a las proas N o S anulando las oscilaciones producidas por el balance.

4) Con proa Norte determina un buen desvío, anulándolo totalmente con imanes transversales con el Azul a Babor si es positivo y con el Azul a Estribor si es negativo, colocados en la bitácora al lado contrario a la que va el Flinders. Recuerde que debe colocar correctores a 90° con las agujas del compás.

5) Proa al E. tome un buen desvío y anúlelo integralmente con imanes longitudinales con azul a popa si es positivo. Azul a proa si es negativo.

6) Proa al Sur, tome un buen desvío corrigiendo únicamente la mitad subiendo o bajando los imanes transversales. Tome un desvío final enseguida.

7) Proa al W, tome un buen desvío y corrija la mitad subiendo o bajando los imanes longitudinales. Tome desvío final enseguida.

8) Proa al NW tome un buen desvío y anúlelo integralmente con las esferas acercándolas si es positivo. Alejándolas si es negativo.

9) Proa al Norte tome un buen desvío final.

10) Proa NE tome un buen desvío y corrija la mitad con las esferas:

Acercándolas si es positivo.

Alejándolas si es negativo.

Tome desvío final.

11) Proa al E - SE - SW tomará a cada una, el desvío final completando la Tabla definitiva.

#### 15.72 DETERMINAR LOS DESVIOS DEL COMPAS DE GOBIERNO.

Para determinar los desvíos del compás de gobierno u otros, bastará comparar las "PROAS MAGNETICAS" del magistral con las del compás de gobierno u otro en un mismo instante, la diferencia da el desvío con su signo.

## EJEMPLO

Supongamos que en una compensación al tomar la Tabla de desvío final del magistral se anote la proa del compás de gobierno como sigue:

| Proa Magistral | $\Delta$ Magistral | Proa compás gobierno |
|----------------|--------------------|----------------------|
| N              | +0,2               | 002°                 |
| NE             | +0,8               | 047°                 |
| E              | -0,4               | 091°,5               |
| SE             | 0,0                | 136°,5               |
| S              | -0,2               | 178°                 |
| W              | -0,1               | 268°                 |
| SW             | -0,3               | 223°                 |
| NW             | 0,0                | 314°                 |

Se piden los desvíos del compás de gobierno:

| Proa Magistral | $\Delta$ | Pr. Magnética | Gobierno | $\Delta$ Gobierno |
|----------------|----------|---------------|----------|-------------------|
| N              | +0,2     | 000,2         | 002,0    | -1,8              |
| NE             | +0,8     | 045,8         | 047,0    | -1,2              |
| E              | -0,4     | 089,6         | 091,5    | -1,9              |
| SE             | 0,0      | 135,0         | 136,5    | -1,5              |
| S              | -0,2     | 179,8         | 178,0    | +1,8              |
| SW             | -0,3     | 224,7         | 223,0    | +1,7              |
| W              | -0,1     | 269,9         | 268,0    | +1,9              |
| NW             | 0,0      | 315,0         | 314,0    | +1,0              |

Terminada una compensación, deberá dejarse con llave todos los casilleros de los compases, debiendo anotarse en los formularios correspondientes la colocación de cada uno de los correctores.

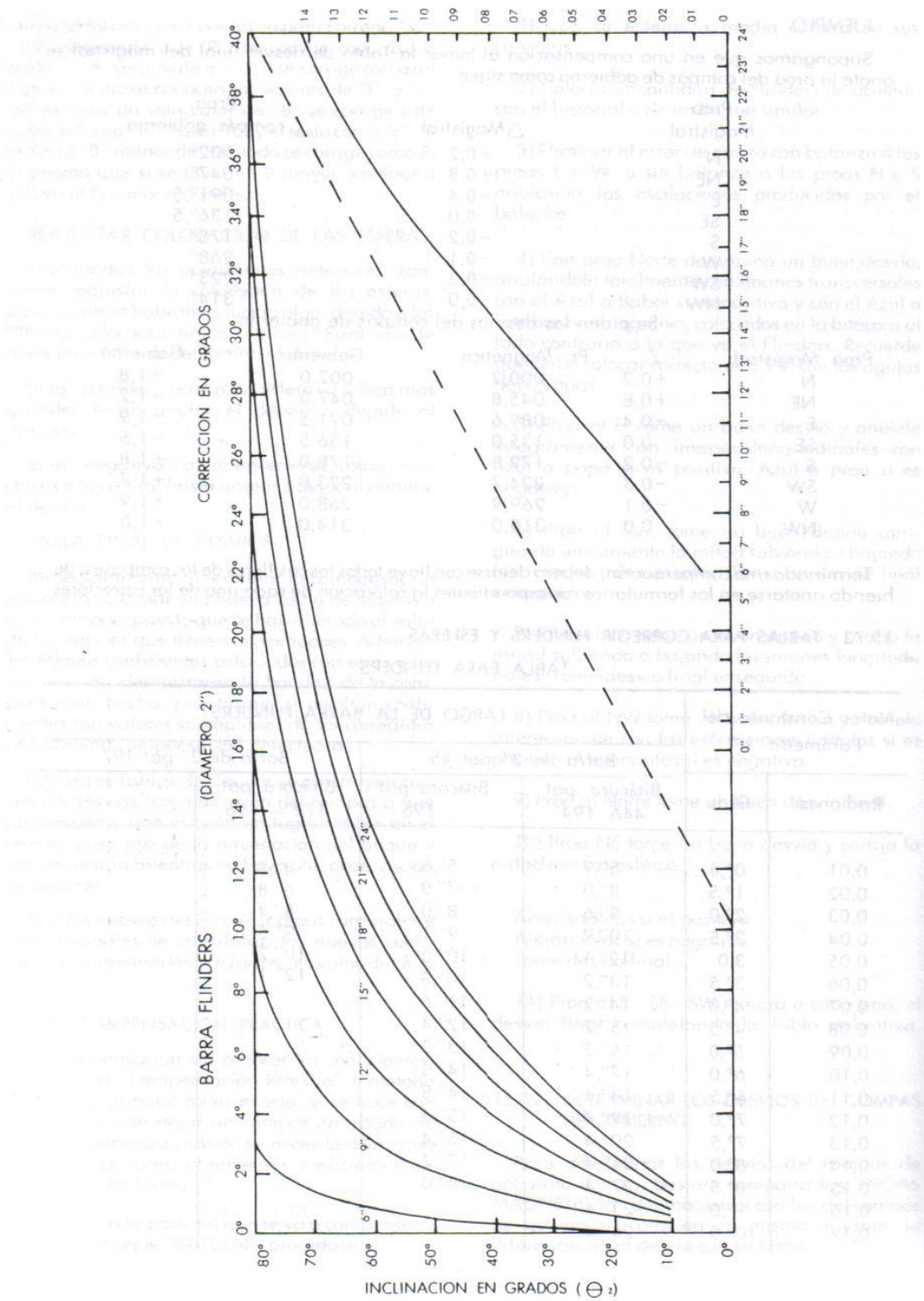
## 15.73 TABLAS PARA CORREGIR FLINDERS Y ESFERAS.

TABLA PARA FLINDERS.

| Valor Constante del<br>Parámetro "c" |       | LARGO DE LA BARRA FLINDERS |                     |                            |  |
|--------------------------------------|-------|----------------------------|---------------------|----------------------------|--|
|                                      |       | Barra de 3" pat 45         |                     | Barra de 2" pat 197        |  |
| Radianes                             | Grds  | Bitácora pat<br>44A 194    | Bitácora pat<br>196 | Bitácora pat.<br>172 — 196 |  |
| 0,01                                 | 0°,6  | 5",9                       | 5",6                | 4",8                       |  |
| 0,02                                 | 1°,5  | 8",0                       | 7",0                | 6",8                       |  |
| 0,03                                 | 2°,0  | 9",6                       | 8",0                | 8",4                       |  |
| 0,04                                 | 2°,5  | 10",9                      | 9",1                | 9",6                       |  |
| 0,05                                 | 3,0   | 12",1                      | 10",0               | 10",2                      |  |
| 0,06                                 | 3°,5  | 13",2                      | 10",8               | 12",1                      |  |
| 0,07                                 | 4°,0  | 14",2                      | 11",6               |                            |  |
| 0,08                                 | 4°,5  | 15",2                      | 12",4               |                            |  |
| 0,09                                 | 5°,0  | 16",3                      | 13",2               |                            |  |
| 0,10                                 | 6°,0  | 17",4                      | 14",0               |                            |  |
| 0,11                                 | 6°,5  | 18",4                      | 14",8               |                            |  |
| 0,12                                 | 7°,0  | 19",4                      | 15",6               |                            |  |
| 0,13                                 | 7°,5  | 20",4                      | 16",4               |                            |  |
| 0,14                                 | 8°,0  | 21",4                      | 17",2               |                            |  |
| 0,15                                 | 8°,5  | 22",4                      | 18",0               |                            |  |
| 0,16                                 | 9°,0  | 23",4                      |                     |                            |  |
| 0,17                                 | 10°,0 | 24",4                      |                     |                            |  |



CONSTANTE



NOTA:

del valor del parámetro  $c''$  (en radianes o arco) que se calcula de manera que se indica:a) Cuando  $c''$  es + el Flinders va a popa de la bitácora.b) Cuando  $c''$  es - el Flinders va a proa de la bitácora.

c) Para determinar el "largo de la barra Flinders" por esta Tabla se entra con una "constante

$$\text{constante} = \frac{\text{tg } \Delta \text{ de } "c''}{\text{tg } \Theta}$$

d) La curva que está en la página, reemplaza en forma más sencilla esta Tabla, cuando se trata de barra Flinders de 2 pulgadas de diámetro.

## CORRECCION CUADRANTAL CON ESFERAS.

Compás pat 22 A y 22 Bitácora pat 44 A esferas pat 405

Compás 193 id 194 id

| Distancia centro del compás al centro de esferas | Cantidad de D por corregir con pares de esferas de: |      |      |      |       |       |
|--------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|------|-------|-------|
|                                                  | 5"                                                  | 6"   | 7"   | 8½"  | 10"   | 12"   |
| 15",5                                            | 0°,8                                                | 1°,3 | 2°,4 | 3°,7 | 6°,0  | 9°,0  |
| 15",25                                           | 0°,9                                                | 1°,4 | 2°,5 | 3°,9 | 6°,2  | 9°,6  |
| 15",00                                           | 0°,9                                                | 1°,4 | 2°,6 | 4°,1 | 6°,3  | 10°,3 |
| 14",75                                           | 1°,0                                                | 1°,4 | 2°,7 | 4°,4 | 6°,5  | 11°,1 |
| 14",50                                           | 1°,0                                                | 1°,5 | 2°,8 | 4°,7 | 6°,9  | 12°,0 |
| 14",25                                           | 1°,1                                                | 1°,6 | 3°,0 | 5°,0 | 7°,4  |       |
| 14",00                                           | 1°,1                                                | 1°,7 | 3°,3 | 5°,3 | 7°,9  |       |
| 13",75                                           | 1°,2                                                | 1°,8 | 3°,5 | 5°,7 | 8°,4  |       |
| 13",50                                           | 1°,3                                                | 1°,9 | 3°,7 | 6°,1 | 9°,1  |       |
| 13",25                                           | 1°,3                                                | 2°,0 | 4°,0 | 6°,6 | 9°,8  |       |
| 13",00                                           | 1°,4                                                | 2°,2 | 4°,3 | 7°,0 | 11°,0 |       |
| 12",75                                           | 1°,5                                                | 2°,4 | 4°,6 | 7°,5 |       |       |
| 12",50                                           | 1°,6                                                | 2°,5 | 4°,9 | 8°,1 |       |       |
| 12",25                                           | 1°,7                                                | 2°,7 | 5°,3 | 8°,9 |       |       |
| 12",00                                           | 1°,9                                                | 2°,9 | 5°,7 |      |       |       |
| 11",75                                           | 2°,1                                                | 3°,2 |      |      |       |       |
| 11",50                                           | 2°,3                                                | 3°,5 |      |      |       |       |
| 11",25                                           | 2°,5                                                |      |      |      |       |       |
| 11",00                                           | 2°,8                                                |      |      |      |       |       |



## CORRECCION CUADRANTAL CON ESFERAS.

Compás pat 158 Bitácara pat 159 con esferas pat 410

| Distancia de centro<br>a centro | Cantidad de D por corregir con pares de esferas de: |       |  |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|-------|--|
|                                 | 10"                                                 | 12"   |  |
| 13",50                          | 8°,5                                                | 17°,7 |  |
| 13",25                          | 9°,2                                                | 19°,0 |  |
| 13",00                          | 9°,9                                                | 20°,5 |  |
| 12",75                          | 10°,7                                               | 22°,2 |  |
| 12",50                          | 11°,4                                               | 24°,0 |  |
| 12",25                          | 12°,2                                               | 26°,5 |  |
| 12",00                          | 13°,0                                               |       |  |
| 11",75                          | 13°,9                                               |       |  |
| 11",50                          | 15°,0                                               |       |  |
| 11",25                          | 16°,3                                               |       |  |
| 11",00                          | 18°,0                                               |       |  |

## CORRECCION CUADRANTAL CON ESFERAS.

Compás pat 184 id 189 con esferas pat 402  
id 188 Bitácara pat 185 id

| Distancia de centro<br>a centro | CORRECCION CUADRANTAL CON ESFERAS. |      |      |  |
|---------------------------------|------------------------------------|------|------|--|
|                                 | 2"                                 |      | 4"   |  |
| 7",5                            |                                    | 1°,7 | 3,2  |  |
| 7",25                           |                                    | 2°,0 | 3,7  |  |
| 7",00                           |                                    | 2°,2 | 4,4  |  |
| 6",75                           |                                    | 2°,6 | 5,3  |  |
| 6",50                           |                                    | 2°,9 | 6,2  |  |
| 6",25                           |                                    | 3°,3 | 7,1  |  |
| 6",00                           |                                    | 3°,7 | 8,0  |  |
| 5",75                           |                                    | 4°,3 | 9,0  |  |
| 5",50                           |                                    | 5°,0 | 10,0 |  |
| 5",25                           | 1°,5                               | 5°,8 |      |  |
| 5",00                           | 2°,4                               | 6°,8 |      |  |
| 4",75                           | 3°,5                               |      |      |  |
| 4",50                           |                                    |      |      |  |

## CORRECCION CUADRANTAL CON ESFERAS.

Compás pat 24 C y 173 -- Bitácora 172 con esferas pat 174  
 id 195 id 195 id 404

| Distancia del centro<br>del compás al centro<br>de las esferas | Cantidad de D por corregir con pares de esferas de: |      |      |      |       |      |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|------|-------|------|
|                                                                | 4"                                                  | 5"   | 6"   | 7"   | 8½"   | 10"  |
| 12",5                                                          | 0°,5                                                | 1°,2 | 2°,5 | 3°,8 | 6°,2  | 10,1 |
| 12",25                                                         | 0°,6                                                | 1°,3 | 2°,8 | 4°,2 | 6°,9  | 11,4 |
| 12",00                                                         | 0°,7                                                | 1°,6 | 3°,2 | 4°,6 | 7°,8  | 12,8 |
| 11",75                                                         | 0°,8                                                | 1°,8 | 3°,5 | 5°,1 | 8°,6  | 14,5 |
| 11",50                                                         | 1°,0                                                | 2°,1 | 3°,8 | 5°,7 | 9°,5  |      |
| 11",25                                                         | 1°,2                                                | 2°,3 | 4°,2 | 6°,3 | 10°,5 |      |
| 11",00                                                         | 1°,3                                                | 2°,6 | 4°,6 | 6°,8 | 11°,6 |      |
| 10",75                                                         | 1°,5                                                | 2°,8 | 5°,0 | 7°,5 |       |      |
| 10",50                                                         | 1°,7                                                | 3°,2 | 5°,4 | 8°,2 |       |      |
| 10",25                                                         | 1°,8                                                | 3°,5 | 5°,9 | 9°,0 |       |      |
| 10",00                                                         | 2°,2                                                | 3°,8 | 6°,4 |      |       |      |
| 9",75                                                          | 2°,3                                                | 4°,2 | 7°,0 |      |       |      |
| 9",50                                                          | 2°,6                                                | 4°,6 |      |      |       |      |
| 9",25                                                          | 2°,9                                                | 5°,1 |      |      |       |      |
| 9",00                                                          | 3°,3                                                |      |      |      |       |      |
| 8",75                                                          | 3°,8                                                |      |      |      |       |      |

Compás pat 28P Bitácora RL V, VI y VII con esfera pat 404.

| Distancia de centro<br>a centro | Cantidad de D por corregir con pares de esferas de: |      |      |       |  |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------|------|------|-------|--|
|                                 | 4"                                                  | 5"   | 6"   | 7"    |  |
| 10",5                           | 1°,3                                                | 2°,1 | 3°,5 | 6°,4  |  |
| 10",25                          | 1°,3                                                | 2°,3 | 3°,7 | 6°,9  |  |
| 10",00                          | 1°,4                                                | 2°,4 | 4°,0 | 7°,5  |  |
| 9",75                           | 1°,5                                                | 2°,7 | 4°,3 | 8°,2  |  |
| 9",50                           | 1°,6                                                | 2°,9 | 4°,7 | 8°,9  |  |
| 9",25                           | 1°,7                                                | 3°,2 | 5°,2 | 9°,7  |  |
| 9",00                           | 1°,9                                                | 3°,4 | 5°,7 | 10°,7 |  |
| 8",75                           | 2°,1                                                | 3°,7 | 6°,2 | 11°,8 |  |
| 8",50                           | 2°,3                                                | 4°,2 | 6°,8 |       |  |
| 8",25                           | 2°,5                                                | 4°,6 | 7°,5 |       |  |
| 8",00                           | 2°,8                                                | 5°,1 |      |       |  |
| 7",75                           | 3°,2                                                | 5°,1 |      |       |  |
| 7",50                           | 3°,6                                                | 5°,7 |      |       |  |
| 7,25                            | 4°,0                                                |      |      |       |  |



[illegible]

## 15.74 RESUMEN GENERAL DEL MAGNETISMO Y COMPENSACION.

| Tipo de desvío | Causas                                                                                                                                                                  | Coeficientes                                               | Efecto máximo                                 | Magnetismo cambia con la latitud. | Desvío cambia con la latitud. | Modo de compensar                                              | Proa a que se corrige                                          | Posicion de los correctores                                                                                                                          | Observaciones                                                                                                                                                         |
|----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Constante      | Inducción de los fierros dulces horizontales asimétricos ("b" y "d")                                                                                                    | Parte de "A"                                               | Constante a todas las proas                   | Si                                | No                            | No se com-<br>pensa                                            | Ninguna                                                        | No tiene                                                                                                                                             | Es prácticamente nulo. En caso de existir se corrige con Compas Muagstral, como desvío a todas las proas. Compas de Gobierno y otros, desplazando la línea de fe      |
|                | Buque no adrizado, alidada, línea de fe, Variación Magnética, etc                                                                                                       | Parte de "A"                                               |                                               | No                                |                               | Eliminando las causas, desaparecen los errores                 |                                                                |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |
| Semi Circular  | Magnetismo permanente ("p" y "Q")                                                                                                                                       | Parte de "B" y "C"                                         | A 90° de la proa de construcción y la opuesta | No                                | Si                            | Imanes transversales y longitudinales.                         | N o S y E o W                                                  | Proa N colocar imanes transversales con AZUL a babor si el desvío es E. Proa E, colocar imanes longitudinales con AZUL a popa si el desvío es E.     | Usar el mayor número de imanes a la mayor distancia posible para evitar variaciones en la fuerza directriz                                                            |
|                | Inducción de los fierros dulces verticales ("c" y "f")                                                                                                                  | Parte de "B" y "C"                                         |                                               | Si                                |                               | Barra Flinders (fierro dulce).                                 |                                                                |                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                       |
| Cuadrantal     | Inducción de los fierros dulces horizontales simétricos ("a" y "e")                                                                                                     | "D"                                                        | Proas intercardinales.                        | Si                                | No                            | Esfers (fierro dulce)                                          | Cualquier proa intercardinal                                   | Esfers de babor a estribor. Se acercan si aparece desvío E al NE o SW. Raramente van de proa a popa.                                                 | Si no se conoce el valor del coef. "D", colocar las esferas a media carrera antes de compensar.                                                                       |
|                | Inducción de los fierros dulces horizontales asimétricos                                                                                                                | "E"                                                        | Proas cardinales.                             |                                   |                               | Esfers de fierro dulce. Generalmente no se corrige             | Ninguna                                                        | Se giran las esferas                                                                                                                                 | Prácticamente nulo. Solo se considera en compases colocados a una banda                                                                                               |
| Escora         | Componente vertical del magnetismo permanente. Inducción de los fierros dulces verticales. Inducción de los fierros dulces horizontales cuando el buque está inclinado. | No tiene. "J" es el cambio del desvío por grado de escora. | N o S                                         | Si                                | Si                            | Con imanes permanentes verticales, en el conastillo de escora. | E o W cuando se usa balanza de escora. N o S en puerto o nave. | Extremo N o Rojo de los imanes hacia arriba en buques construidos en H. N. Se ajustan navegando al N o S con balanzas, o bien usan la balanza de es- | No se pueden separar los efectos del magnetismo permanente y del inducido, por lo que habrá que ajustar los correctores cuando cambia la inclinación magnética (tge). |



## CAPITULO XVI

### NAVEGACION POLAR

#### Areas, concepto polar y cartas - Dirección y Posición

#### Orto y Ocaso de sol y luna

#### Derroteros y otras publicaciones náuticas.

#### 16.00 LAS AREAS POLARES.

Antes de pasar al estudio de la navegación en las regiones polares, es conveniente definir el área que las mismas comprenden. No existen límites definidos entre estas regiones y otras partes de la tierra. Se va entrando gradualmente en dichas regiones, ya que son varios los factores a considerar, principalmente las condiciones meteorológicas, pues las mismas en dos lugares diferentes a lo largo de un mismo paralelo, pueden diferir grandemente; por ejemplo, un buque en latitud  $72^{\circ}$  N, bordeando el Cabo Norte en Noruega, podrá confrontar condiciones en la navegación, distintos por completo a la de otro que se encontrase en la misma latitud bordeando la punta Barrow, en Alaska, o navegando en la Bahía de Baffin, al Oeste de Groenlandia. Sin embargo, la latitud ofrece la mejor manera de establecer una línea limítrofe "arbitraria". La técnica y métodos expuestos en este capítulo, serán aquellos aplicables entre latitudes  $70^{\circ}$  y  $90^{\circ}$ .

#### 16.01 EL CONCEPTO POLAR.

En las regiones templadas se habla de Norte, Sur, Este y Oeste al referirse a direcciones, a latitud y longitud. El tiempo, orto y ocaso del sol, el día y la noche; todos estos términos tan familiares, tienen diferentes significados en las regiones polares.

En las regiones próximas al ecuador, la extensión de un grado de latitud, comparado con una de longitud, son aproximadamente iguales. Los meridianos son considerados como líneas casi paralelas o paralelas, tal como aparecen en las

cartas Mercator. No ocurre lo mismo en las regiones polares donde los meridianos irradian del polo como gigantescos rayos de una rueda, convirtiéndose la longitud en coordenadas de direcciones. Un avión que circunde el polo puede cubrir  $360^{\circ}$  de longitud en un minuto. Si el polo se encontrase situado entre dos observadores, cada uno de ellos estaría al norte con relación al otro. En el Polo Norte todas las direcciones son Sur y en el Polo Sur todas las direcciones son Norte. La demarcación visual hacia un punto no puede ser considerada como una loxodrómica; será un círculo máximo y, a causa de la rápida convergencia de los meridianos deberá ser planteada como tal.

El factor tiempo, tal como se considera en las regiones templadas, tiene poco significado en las regiones polares. A medida que los meridianos convergen, sucede lo mismo con las zonas o husos horarios. A una milla del polo los husos horarios están distanciados solamente un cuarto de milla. En el polo, el Sol sale y se pone una vez al año y la Luna una vez al mes. Las estrellas nunca se ponen, pero se mueven en el cielo aproximadamente a la misma altura. Un día de 24 horas en el polo, no está caracterizado por la usual duración del día y la noche y los términos de "mañana" y "tarde" no tienen significado alguno.

En resumen, el día no está determinado por ningún fenómeno visible, excepto el hecho de que el sol describe un círculo completo alrededor del cielo, manteniendo aproximadamente la misma altura y siempre con una marcación Sur (Polo Norte).

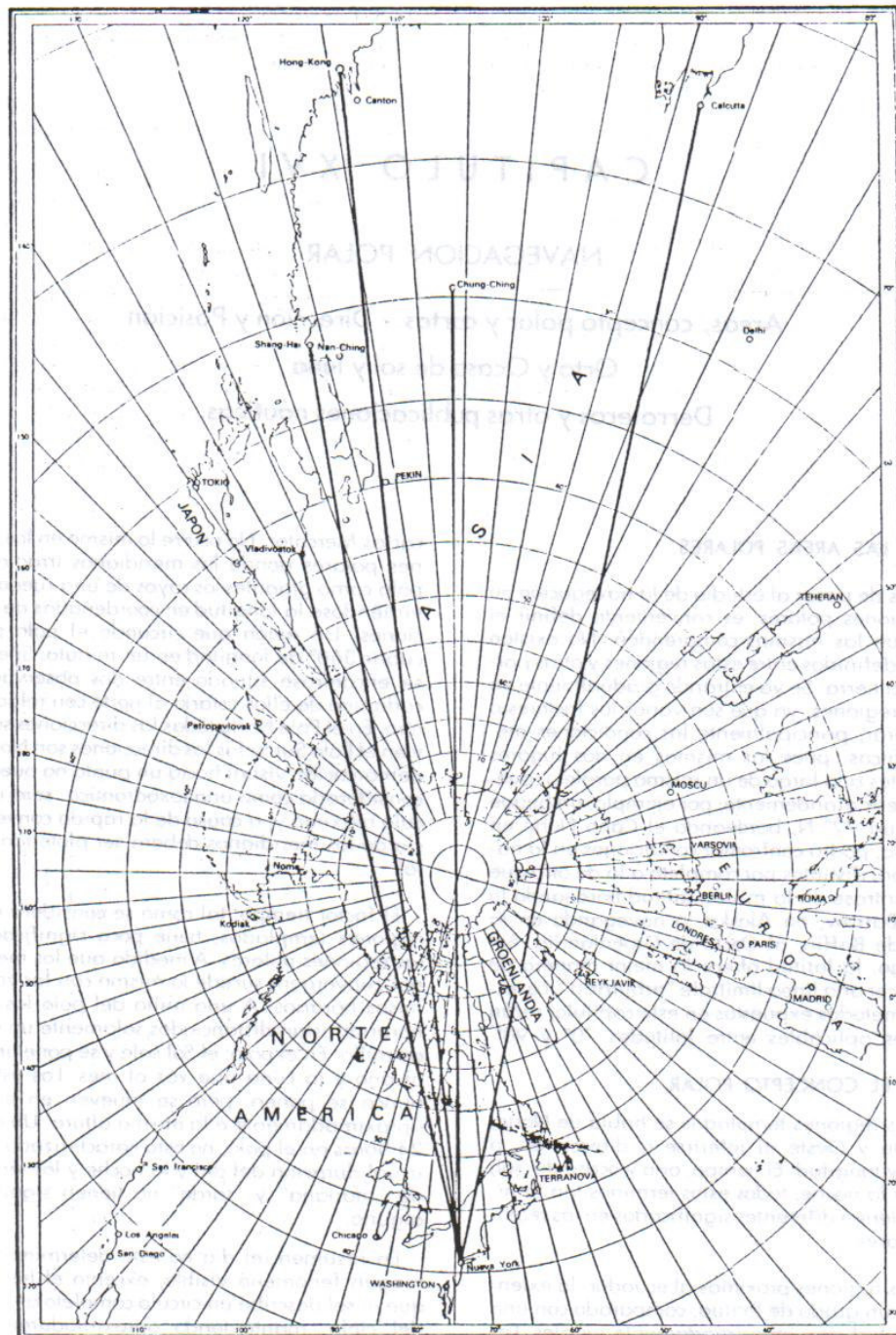


Figura 15.01 Carta gnomónica polar, mostrando varios círculos máximos importantes.



Nuestro sistema de coordenadas y de dirección, así como muchos de los conceptos, tan comunes a nuestra actividad diaria que han sido ideados por el hombre y que se usan porque son útiles, se desechan cerca de los polos, porque su utilidad no se extiende hasta esas regiones.

Un nuevo concepto y, una nueva manera de hacer las cosas deben tomarse, para ser usados en dichas regiones. Para ser aceptables deberán diferir lo menos posible de los métodos convencionales, a la vez que se adaptarán a los conocimientos de las nuevas condiciones.

## 16.02 CARTAS.

La conocida carta Mercator, basada en la superficie de la tierra desarrollada sobre un cilindro tangente a la tierra en el Ecuador, no es adecuada para las regiones polares, pues tal

proyección no puede ser extendida hasta los polos, ya que el cilindro tangente y la proyección de la línea que pasa por los polos serán paralelos.

Sin embargo, las ventajas de la proyección Mercator pueden conservarse "rotando 90° al cilindro tangente". Si esto se hace, el cilindro será tangente a un Meridiano, el cual se convierte en el "Ecuador ficticio". Los paralelos de latitud se convertirán en curvas ovaladas y los Meridianos en forma de sinusoides extendiéndose hacia afuera desde los polos. Los meridianos cambian su dirección de curvatura en los polos. Dentro de las regiones polares los paralelos son casi círculos, mientras que los meridianos divergen ligeramente de las líneas rectas. La distorsión a los 70° de latitud es comparable a aquella que existe a los 20° de latitud en la carta Mercator corriente. Dentro de estas regiones una línea recta puede ser considerada como un círculo máximo, pero

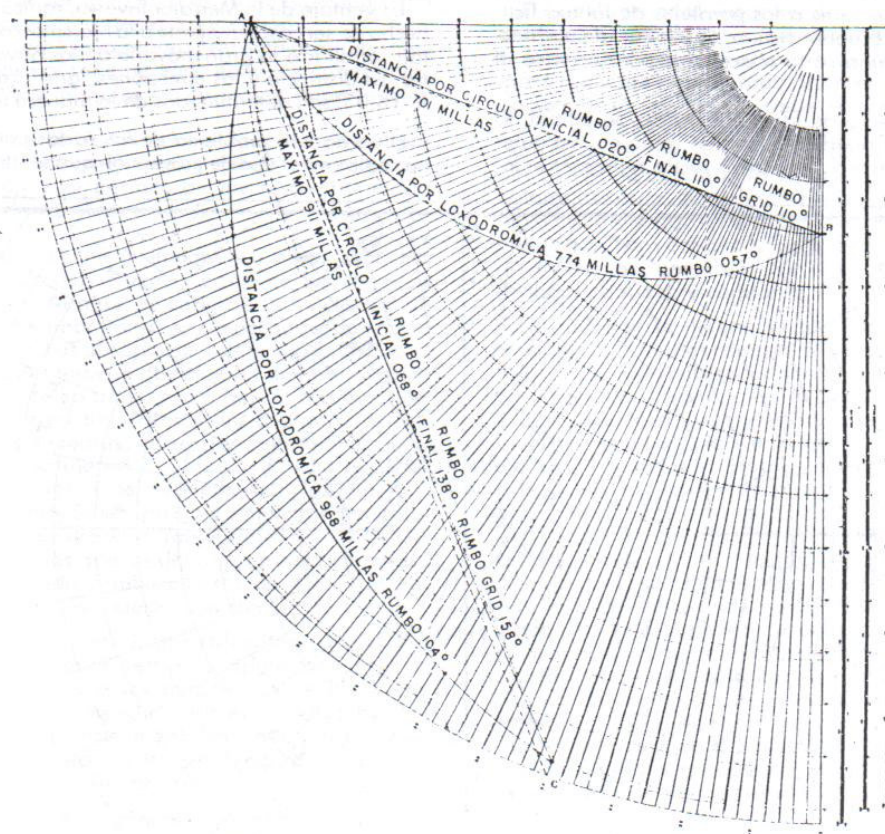


Figura 16.02-a Cuadrículas: azimutal equidistante, estereográfica y gnomónica en una hoja de ploteo.



con pequeños errores. Si el cilindro es tangente a un meridiano, la proyección será llamada "Mercator transversal o inversa". Si es tangente a un círculo máximo oblicuo, la proyección se llama "Mercator oblicua".

En la Mercator regular se considera el achatamiento o forma elíptica de la tierra, mientras que en la Mercator transversal la tierra se considera como una esfera, a causa de que el cambio de curvatura no es una función de la distancia desde el Ecuador ficticio.

EE.UU. de América publica cartas en proyección Mercator inversa que se extienden desde el polo Norte hasta latitud 64° Norte, e igualmente para las latitudes Sur.

Estas cartas tienen una escala de 30 millas náuticas por pulgada; son impresas en negro con una cuadrícula sobre impresa en color verde. Este cuadrículado consiste en "meridianos" ficticios, perpendiculares a los paralelos de latitud ficticios y al Ecuador ficticio. Es similar al cuadrículado de una carta Mercator regular cercana al Ecuador.

Por medio de la escala ficticia de latitud, la distancia puede ser medida como en cualquier carta Mercator. Las líneas rectas representan lo-

xodrómicas ficticias aproximándose a los círculos máximos. El cuadrículado también es útil para mantener o determinar direcciones tal como se explica en el párrafo 16.03.

Las cartas Mercator Inversa que se publican actualmente, están desarrolladas sobre un cilindro tangente a la superficie terrestre a lo largo del meridiano 90°.

Otras proyecciones que se usan en las regiones polares son: la estereográfica, gnomónica, azimutal equidistante y la Lambert Modificada. Todas éstas y la Mercator Inversa, son tan semejantes que resulta difícil identificarlas a simple vista. Todas son enteramente satisfactorias, y pueden ser usadas con el cuadrículado superpuesto, (Grid). En la carta Gnomónica el círculo máximo es una línea recta y en otros tipos se encuentran muy cerca de dicha línea.

La ventaja de la Mercator Inversa, radica en el hecho de ser casi semejante a la Mercator común, tan familiar a la gran mayoría de los navegantes. La distancia y las direcciones "grid", (párrafo 16.03) son determinadas de la manera usual.

El verdadero problema de las cartas polares, no radica en el tipo de proyección que se utilice.

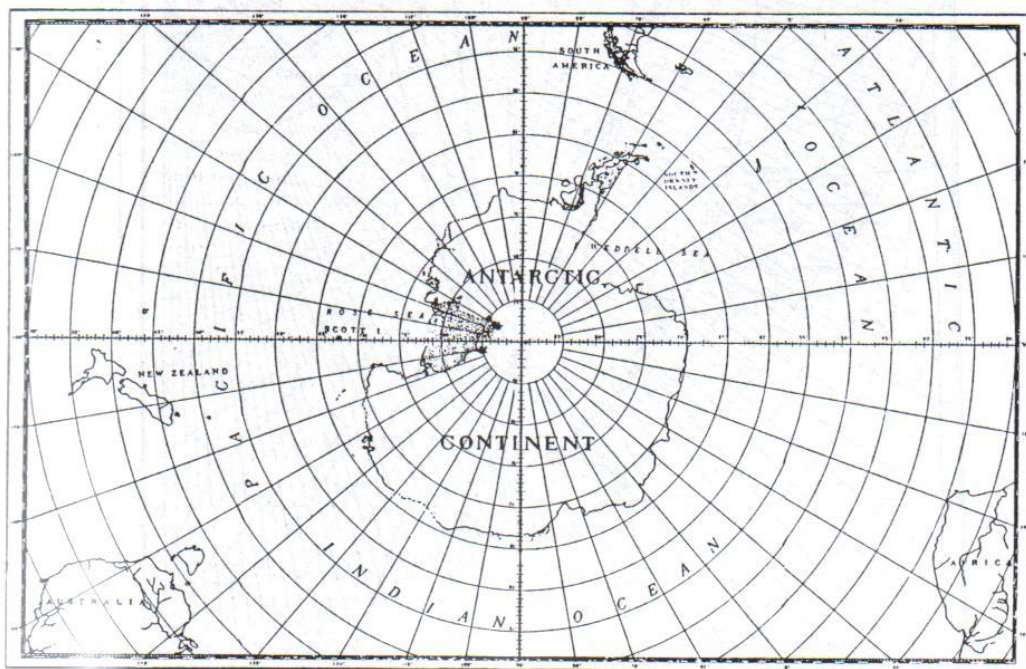


Figura 16.02-b. Carta azimutal equidistante de la Antártida.



Las líneas de latitud y longitud pueden trazarse con la misma precisión que en cualquier otra carta, pero el resto de la información que muestran las cartas polares dista mucho de ser precisa. Estas regiones no han sido reconocidas con precisión y muchas zonas no han sido visitadas aún por el hombre, o si lo han sido, no existe información alguna sobre las mismas. El resultado es que la línea de la costa es imprecisa o desconocida por completo. Las líneas de variación magnética son localizadas principalmente por extrapolación. Aun la posición de los polos magnéticos, no han sido determinados con absoluta precisión. Uno de los grandes y más corrientes problemas en la navegación polar, es la producción de cartas precisas para esas regiones.

### 16.03 DIRECCION.

El mayor problema de la navegación polar radica en mantener la dirección.

El compás magnético presenta grandes limitaciones al ser empleado en las regiones polares. Mencionamos las de mayor importancia:

1º) Cerca de los polos magnéticos la componente horizontal es muy débil; los errores por fricción y el período de las rosas aumentan considerablemente.

2º) La variación magnética no es conocida con precisión en gran parte de las regiones polares. Aunque se sabe de la existencia de algunas anomalías, se sospecha la presencia de otras. Las observaciones efectuadas hasta el presente, indican que el valor de la Vmg no es constante en un mismo lugar. El cambio diurno, que no tiene importancia alguna en las regiones medias, alcanza en las regiones polares por lo menos 7° y quizás mucho mayores cerca de los polos magnéticos. Incluso hasta el desvío puede ser variable en dichas regiones. Se ha registrado durante violentas tormentas magnéticas que los desvíos, en ciertos rumbos, han sufrido cambios hasta de 45°, y dichas tormentas, por cierto, son frecuentes.

3º) Aun cuando las dificultades anotadas pudieran ser resueltas, la rápida convergencia cerca de los polos magnéticos de las líneas isogónicas, impediría que el compás magnético fuese el instrumento indicado para mantener la dirección en un área relativamente grande y de importancia.

En un sentido general, puede considerarse que el compás magnético reduce su confiabilidad cuando la fuerza horizontal es menor que 0,09 oersted, con menos de 0,06 queda errático y es

inútil con menos de 0,03 oersted. La extensión de estas áreas vienen indicadas en las cartas polares que edita el Defense Mapping Agency Hydrographic and Topographic Center, de EE.UU. de Norteamérica.

A pesar de sus limitaciones, el compás magnético sigue siendo un valioso instrumento en la mayoría de las regiones polares.

El girocompás pierde toda su fuerza directriz sobre el polo geográfico. Después de ciertas modificaciones ha podido ser utilizado hasta latitud 82°. Sin embargo, por sobre la latitud 70° el error del girocompás debe ser determinado varias veces en el día, ya que en esas latitudes alcanza valores de varios grados. Los girocompases no son usados a bordo de las aeronaves a causa de su gran peso y de que no pueden operar correctamente por motivo de las velocidades y aceleraciones en las mismas.

El giro direccional puede ser de un uso considerable en las aeronaves, pero este instrumento está sujeto a errores de un valor y dirección que no pueden ser previstos totalmente. Cuando se utiliza, su lectura debe ser verificada varias veces en el transcurso de una hora. Un registro de dichas verificaciones debe llevarse, pues sirve de ayuda para determinar futuros valores del error. Actualmente, este registro se lleva en forma gráfica y se conoce con el nombre de "gráficos del giro". Los giros direccionales modernos, generalmente tienen un error incierto, pequeño y constante.

La dirección se determina comúnmente por medio de los cuerpos celestes. Sin embargo, los mismos no son visibles cuando el cielo por sobre la aeronave, se encuentra cubierto de nubes, o durante el largo crepúsculo polar. En el polo hay períodos de varios días durante los cuales el Sol no es utilizable y las estrellas no han aparecido aún. Esto puede suceder por espacio de varias horas en cualquier lugar dentro de la región polar. Un nuevo "compás celeste" basado en el principio de la polarización de la luz solar en el cielo, puede determinar la dirección cuando no están visibles los cuerpos celestes. Este instrumento indica la dirección del Sol, aunque éste se encuentre varios grados bajo el horizonte, cuando las estrellas no son visibles. Opera de manera eficaz siempre que el zenit se encuentre claro, siendo más preciso cuando el Sol está cerca del horizonte, ya sea por arriba o por abajo de él, que es por lo demás, cuando resulta más necesario.

A pesar de la existencia del mencionado instrumento, el largo crepúsculo polar es el período más difícil para el navegante. Cuando puede



La manera de hacerlo es por medio del sistema de líneas en el cuadrículado o grid ya mencionado. Una línea recta a través de una carta polar, puede considerarse un círculo máximo dentro de los límites de la navegación práctica, sin embargo, en la "carta Mercator Inversa" es una línea loxodrómica ficticia que corta a igual ángulo los meridianos ficticios.

En las regiones polares es conveniente descartar las direcciones de Norte verdadero, Este, etc., excepto en la navegación astronómica y sustituirlo por Norte grid, Este grid, etc., es decir, que las direcciones pueden ser dadas con relación a la dirección común, de todos los meridianos ficticios grid, a través de la carta. La relación entre las direcciones grid y las direcciones verdaderas, depende de la orientación de los meridianos grid. El sistema generalmente aceptado, coloca el Norte

grid en la dirección del polo Norte desde Greenwich, o sea, que 000° medidos en el meridiano de Greenwich coincide con el 000° grid, (en ambos polos). Con esta orientación la conversión de verdadero a grid es muy sencilla. Si Dgr representa, la dirección grid y Dv la dirección verdadera, en el "Hemisferio Norte" tendremos:

$$Dgr = Dv + Gw$$

$$Dgr = Dv - GE$$

$$Dv = Dgr - Gw$$

$$Dv = Dgr + GE$$

No es necesario recordar todas estas fórmulas, ya que las dos últimas se deducen de las primeras.

Para el "Hemisferio Sur" los signos son contrarios; es decir:

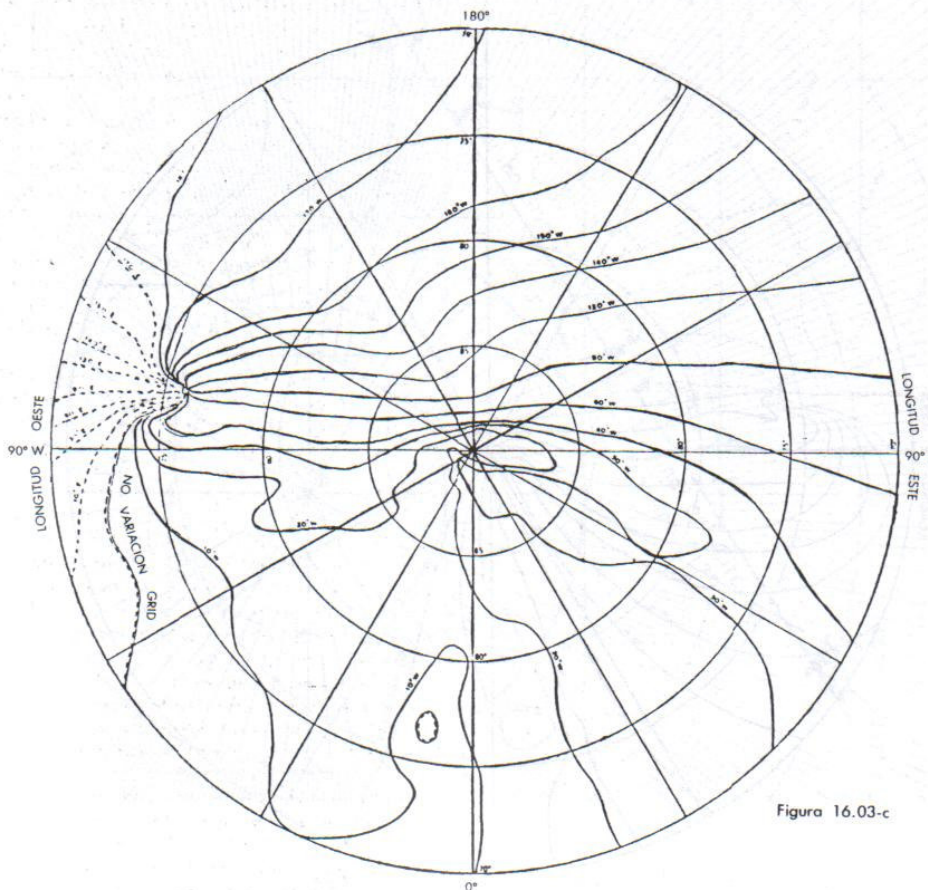


Figura 16.03-c

Variación Grid en las regiones polares.



$$\begin{aligned} Dgr &= Dv - GW \\ Dgr &= Dv + Ge \\ Dv &= Dgr + GW \\ Dv &= Dgr - Ge \end{aligned}$$

La dirección grid (Dgr), correspondiente a una línea recta se mantiene constante a lo largo de la misma, mientras que las direcciones verdaderas cambian continuamente. En la fig. 16.03-a, la dirección grid de "B" determinada desde "A" es 057° (Dgr = 057°) y la de "A" desde "B" 237°; o sea la recíproca. Sin embargo, la dirección verdadera de "B" determinada desde "A" es 337° (DV = 337°) y la de "A" determinada desde "B" = 037°.

Resulta más conveniente dar todas las direcciones con relación al N grid. Aun los azimutes de los cuerpos celestes pueden ser convertidos a dirección grid para plotear las líneas de posición y también para rectificar el giro direccional. Si la dirección del viento es dada en término grid, la confusión queda reducida al mínimo; un viento que sopla en una dirección grid constante, seguirá direcciones verdaderas muy diferentes, a una distancia relativamente corta de los polos. Como se desea un ángulo de corrección del viento relativo a rumbos grid, la dirección del viento debe darse en iguales términos. La dirección grid debe indicarse por la abreviatura "gr" a continuación del rumbo o azimut, tal como Azv = 068° gr. o, colocando la abreviatura, después del uso de rumbo determinado, tal como R 144° grid, es decir aproamiento grid 144°.

Todas las líneas de igual variación magnética, pasan tanto por el polo magnético como por el geográfico; por el primero a causa de ser el lugar de origen de las mismas y por el segundo a causa de la convergencia de los meridianos en ese lugar. No obstante, la convergencia puede cambiarse con la variación a fin de obtener la diferencia entre las direcciones grid y las direcciones magnéticas en cualquier lugar. Esta diferencia es llamada "variación grid o grivación". Líneas de igual variación grid, pueden aparecer en las cartas en lugar de las líneas de variación magnéticas corrientes. Dichas líneas pasan a través del polo magnético, sin tocar el polo geográfico. Ver figs. 16.03-b y 16.03-c.

En consecuencia, aun cuando se utilice un compás magnético, la navegación grid resulta más fácil que el intentar mantener direcciones verdaderas.

#### 16.04 POSICION.

En latitudes más bajas, la posición es determinada por navegación de estima, costera, electrónica o astronómica. Consideremos estos métodos aplicados en las regiones polares.

a) Navegación de Estima. Su exactitud dependerá de la precisión con que se puedan determinar los elementos en que se basa el rumbo y la distancia navegada. Hemos visto, que el problema principal en la navegación polar es mantener la dirección la mayor parte del tiempo; a pesar de esto, esta navegación puede ser llevada con una precisión cercana a la lograda en latitud más baja, pero habrá momentos en que será muy inexacta, tal como se ha explicado en el párrafo 16.03.

La distancia recorrida en el aire, puede determinarse en las regiones polares con igual precisión que en otros lugares. La ligera diferencia que existe se deberá principalmente a tres causas: Primera, el velocímetro está calibrado para temperaturas moderadas del aire y la corrección por temperatura es una aproximación. El error es mayor en las regiones polares a causa de la gran diferencia entre la temperatura promedio y la temperatura actual o real. Segunda, el ángulo de deriva es más difícil de determinar a causa de la carencia de objetivos en los cuales basar la observación. Tercera, la precisión o "error" del giro direccional el cual introduce un error en el rumbo.

Existen unas pocas estaciones meteorológicas permanentes que facilitan información aerológica tan vital para la segura operación de aeronaves. A bordo de los buques, la navegación de estima es casi tan precisa como en latitudes más bajas, siempre que se utilice el girocompás. Sin embargo, la estima debe mantenerse por medios manuales, ya que no existen equipos de estima mecánica para las altas latitudes. La estima mecánica puede ser utilizada previo un ajuste, para una latitud más baja, pero la corrección por longitud será más complicada.

Resumiendo, podemos decir que la navegación por estima es, usualmente, tan precisa en regiones polares, como en cualquier otra región, pero bajo ciertas circunstancias se torna inexacta.

b) Navegación Costera. Es muy incierta en regiones polares, pues no existen ayudas establecidas para la navegación ni objetos conspicuos que observar y los contornos de la superficie terrestre que muestran las cartas, así como la posición de lugares, no son de fiar. Además las nieves perpe-



tuas y el hielo cubren los objetos prominentes, resultando una uniformidad monótona en los parajes sobre grandes extensiones. Los sondeos son pocos en casi su totalidad. A bordo de los buques, es práctica común mantener el sondador acústico en continua operación, verificando la precisión de sus indicaciones por medio de la máquina de sondear por lo menos cuatro veces al día. Desde el aire, la línea de la costa es a veces difícil de distinguir porque la nieve puede cubrir la tierra y el hielo el agua por igual. Si el cielo se encuentra cubierto por cirrus-stratus o altos-stratus, puede ocurrir un fenómeno conocido por "visión blanca", a causa del cual, los objetos quedarán completamente oscurecidos y el horizonte no será visible.

En la Antártica, un fenómeno conocido como "refracción múltiple", causa excesiva distorsión, lo que hace que los objetos en tierra desaparezcan o aparezcan desplazados de su verdadera posición. Lo mismo sucede con el horizonte y la superficie terrestre. Esto ocurre a veces durante los días nublados, cuando los rayos del sol son reflejados múltiples veces sobre la superficie terrestre cubierta por la nieve y las nubes. Tales días son mucho más brillantes que los días claros, apareciendo los objetos desplazados, porque la imagen de los mismos puede ser reflejada varias veces antes de llegar a nuestros ojos, o puede ser disipada, en cuyo caso el objeto no será visible.

En las regiones polares tanto en la navegación de superficie como en la aérea, la navegación costera o por demarcaciones a puntos terrestres determina una posición general y no una posición geográfica precisa. A bordo de los buques es práctica común navegar y situarse con relación a la costa, en vez de efectuar un ploteo geográfico, ya que lo principal consiste en evitar que el buque se vare, y cuando la tierra aparece desplazada de su verdadera posición una situación geográfica difícilmente servirá para ese propósito. Al entrar en una bahía es práctica común en estas regiones, enviar un bote por delante equipado con elementos de sondeo y comunicaciones.

Uno de los principales peligros para la navegación en superficie en las regiones polares es el hielo. En algunas regiones los témpanos son muy numerosos, por ejemplo, en la parte superior de la Bahía de Baffin, al Sur del Cabo York cientos de témpanos son visibles a la vez desde el puente de un buque. Durante los períodos de obscuridad o de poca visibilidad el radar es esencial para evitar colisiones con los mismos. Este sistema es muy adecuado, ya que los témpanos pueden ser detectados antes de ser visibles en un día claro.

Los "Témpanos pequeños" (Growlers), formados por desprendimientos de un témpano mayor constituyen el principal peligro para la navegación de superficie. Cuando el mar está en calma, es posible detectarlos a tiempo para evadirlos sin dificultad, pero si la mar es gruesa la detección es más difícil, pues siendo relativamente pequeños pueden quedar cubiertos por el agua, pues no olvide que aproximadamente un 90% del témpano queda debajo de la superficie del mar. Los equipos de sondeo han probado ser útiles para detectar la presencia de tales hielos.

El hielo roto (fragmentado) no causa dificultad alguna en particular, pero cuando se encuentra en gran "pack" es casi imposible avanzar. A veces dentro de esas extensiones cubiertas de hielo son encontrados unos "pasos" o canales donde el mar queda libre, permitiendo continuar al buque su recorrido por alguna distancia.

La niebla es bastante frecuente en algunas áreas durante el Verano, pero raramente es de larga duración. Casi toda la precipitación del verano es en forma de lluvia, la cual es bastante abundante en algunas regiones, generalmente ligera, pero continua.

Resumiendo, podemos decir que la navegación costera, en las regiones polares está llena de dificultades y en el mejor de los casos da una indicación general de la posición. Sin embargo es el método más importante de navegar para los buques en estas regiones.

c) "Ayudas electrónicas". Escasean en casi todas las regiones polares. El área cubierta por el Loran en el hemisferio Norte se extiende en una parte muy limitada de esta región. Muy útiles en las regiones polares son, también, los sistemas Omega, Inercial y Satélites; en especial este último que es esencial en la navegación polar. Existen unos pocos radiofaros y faros de radar en el hemisferio Norte, pero en términos generales no existen radiofaros ni estaciones de radio que permitan tomar demarcaciones radiogoniométricas. El radar para los aviones y buques es muy útil, aunque siendo las costas muy bajas son difíciles de detectar a causa de la nieve que las cubre o del hielo sobre las aguas adyacentes a las mismas. Por esto, el radar es empleado en el avión principalmente para obtener derivas y, en los buques, para evitar colisiones con témpanos o masas de tierra. Para obtener posiciones, el radar queda sujeto a las mismas limitaciones que las observaciones visuales; esto es, ayuda a mantener su posición con respecto a la costa, pero de poco sirve para obtener una situación geográfica; es



decir, nos ayuda para saber, por ejemplo la distancia y demarcación que un buque se encuentra de una isla que no aparece en las cartas de navegación.

Casi toda nuestra experiencia en electrónica se reduce a las regiones templadas y cálidas. Hay mucho que aprender en las regiones polares con respecto a la índole y velocidad de propagación de las ondas de radio y del efecto de las auroras y tormentas magnéticas sobre la ayuda de radio y electrónica. Condiciones extremas prevalecen en las regiones polares y, efectos tan pequeños que serían despreciables en latitudes medias, pueden ser factores importantes en estas regiones.

De los varios tipos de ayudas electrónicas que han sido desarrolladas, el radar es el único utilizable con cierta amplitud en las regiones polares pero queda sujeto a varias limitaciones.

d) Navegación Astronómica. Es sin duda alguna el método más importante para determinar la posición en las regiones polares, pero también queda sujeto a varias limitaciones. Aunque la navegación astronómica en estas regiones es esencialmente la misma que en cualquiera otra, hay factores que deben considerarse.

En los capítulos anteriores hemos visto la importancia que tiene el factor tiempo, ya que por cada cuatro segundos de error en el cronómetro se puede producir un error hasta de un minuto de longitud. En el Ecuador esto equivale a una milla, en latitud  $60^\circ$  es igual 0,5 millas y en latitud  $88^\circ$  será igual a 0,035 millas. Por consiguiente en esta latitud un error de dos minutos en el cronómetro introduciría un error máximo de aproximadamente una milla y que en el Ecuador sería de 30 millas. Tenemos pues, que para los fines de navegación astronómica, el factor tiempo es de poca importancia en las regiones polares. En el polo, todos los cuerpos celestes se mueven en el cielo a una altura constante, con excepción del lento cambio debido a la variación de la declinación. Como los husos horarios pierden su significado cerca de los polos, es costumbre mantener todos los relojes señalando la HmGr.

Durante el largo día polar, que puede durar varios meses, el único astro siempre visible es el Sol. La Luna es útil, solamente cuando se encuentra sobre el horizonte y no cerca del novilunio o del plenilunio, ya que en estos casos las rectas de alturas obtenidas por observación de Sol y Luna, serían paralelas y, por lo tanto, no se obtendría situación.

Si el Sol es el único astro visible, será observado a intervalos, después de un cambio de azimut, para obtener así, una serie de situaciones

por rectas a intervalo navegado. En cada observación deberá obtenerse tanta información como sea posible.

Durante la noche las estrellas son visibles como en cualquier otra latitud. Cuando el Sol está justamente debajo del horizonte, ningún astro será visible durante varios días. Los planetas más brillantes serían los primeros en aparecer después del ocaso del sol, si sus declinaciones son correctas. Las auroras muy brillantes pueden demorar la observación de las estrellas y planetas después de la puesta del sol.

Los navegantes en las latitudes medias, usualmente, evitan observar astros cuya altura sea menor de  $15^\circ$  y la mayoría de ellos nunca observan astros a alturas menores de  $10^\circ$ . En las regiones polares el único astro visible podrá no exceder de una altura de  $10^\circ$  durante varias semanas. En el polo la altura máxima del sol es de  $23^\circ 27'$ ; la luna y los planetas podrán exceder este valor por unos pocos grados. Por lo tanto, en las regiones polares no hay límite inferior para las observaciones astronómicas.

En las latitudes medias se evita efectuar observaciones de poca altura a causa del valor variable de la refracción. En las regiones polares la refracción varía entre límites más amplios que en las latitudes medias o bajas. A causa de las bajas temperaturas en las regiones polares, la corrección de la refracción antes de ser aplicada a las lecturas del sextante deberá ser corregida por tabla 25 Bowditch, almanaque náutico o aéreo, o utilizar una tabla especial para esas regiones. Se sabe que la refracción varía con la temperatura y presión barométrica, pero existen otros factores que son conocidos de un modo imperfecto. Se han observado refracciones de varios "Grados" teniendo como resultado la aparición del Sol en la primavera varios días antes de la fecha en que se esperaba; o bien, continuando visible después de la fecha, en que debía desaparecer bajo el horizonte.

Una de las actuales necesidades en el campo de la navegación es el estudio de la refracción a bajas latitudes y diferentes alturas del ojo observador.

Como la refracción anormal, afecta tanto a las correcciones de refracción como en las de depresión del horizonte, las observaciones efectuadas en las regiones polares con sextantes de burbuja, son a veces, más dignas de confianza que las efectuadas con sextantes marinos. Otra dificultad a bordo de los buques, radica en el hecho de que falsos horizontes aparecen a veces durante el verano, cuando los barcos están en las regiones polares. Hemos dicho también,

que actualmente una posición geográfica en las regiones polares, no es tan importante para un buque, como la posición relativa a una tierra adyacente, que puede o no estar situada en la carta con precisión.

Cuando las estrellas están visibles, es una buena práctica observar aquellas que tengan mayor altitud, pues están menos afectadas por la refracción anormal.

El trazado de las rectas de alturas o líneas de posición en las regiones polares, no es más difícil que en cualquier otra parte. Sin embargo, debemos recordar que una línea azimut es un círculo máximo. En las Latitudes medias es trazada en la Carta Mercator como una loxodrómica. A causa

de la pequeña distancia comprendida, ningún error apreciable es introducido. Similarmente la línea de posición o recta de altura que es realmente un arco de círculo menor sobre la tierra, también es trazada como una línea recta sin perder su precisión, a menos que la altura del astro es muy grande, en cuyo caso se trazará el círculo de posición.

En las regiones polares, no es adecuado utilizar loxodrómicas a causa de que las mismas, no se aproximan al círculo máximo. Esto se ilustra en la figura 16.04-a, en la cual aparece una situación planteada en una hoja de ploteo Mercator de la manera usual. Las líneas de trazo continuo muestran las líneas de posición tal como deben ser

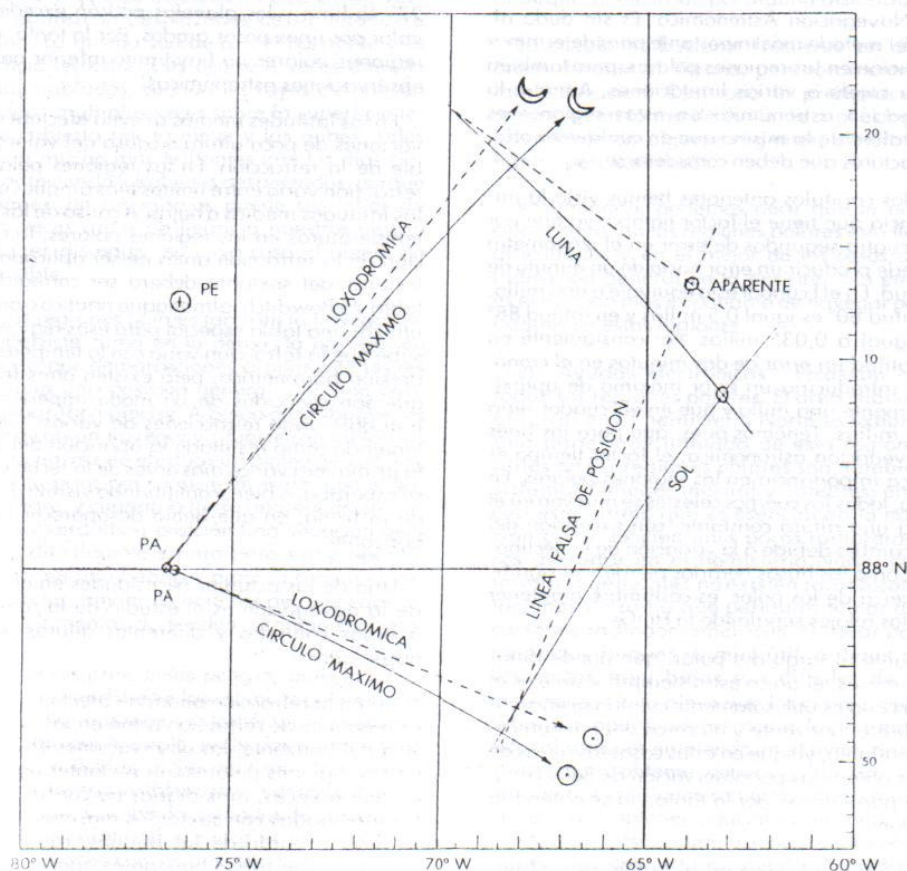


Figura 16.04-a



zadas. En la figura 16.04-b la misma situación aparece planteada en una carta Mercator inversa. Se ve que tanto la línea del azimut como la posición han sido trazadas como líneas rectas, como se hace en una carta Mercator cerca del ecuador. La posición adoptada (Pa.) es seleccionada como en cualquier otra latitud y localizada por medio de sus coordenadas geográficas.

La situación también se da en términos de coordenadas geográficas. Al trazar la línea del azimut, la dirección puede ser convertida en azimut grid, o trazada directamente por medio del azimut verdadero. Si se usa este último sistema, debe tenerse especial cuidado en medir la dirección del azimut desde el meridiano del punto adoptado. Un transportador es usado para este propósito.

Las alturas determinadas con el sextante son corregidas en las regiones polares de igual manera que en cualquier otro lugar, excepto que la refracción debe ser corregida por temperatura y presión, o utilizar una tabla especial de refracción, tal como se indicó anteriormente.

Las rectas de altura pueden calcularse en las regiones polares por los mismos métodos explicados en el Capítulo XII.

"Las curvas de alturas de Estrellas de Weems", también se usan en las regiones árticas. Son impresas en proyección Mercator desde la latitud  $50^{\circ}$  N hasta  $80^{\circ}$  N y en la proyección estereográfica desde las latitudes  $80^{\circ}$  N hasta el polo Norte. Estas curvas están limitadas para ciertas estrellas.

Si un astro cercano al zenit es observado, se traza el círculo de altura o de posición en lugar de la recta, teniendo como centro la posición geográfica (PG), tal como se realiza en cualquier otra latitud.

Existe un método especial para trazar las rectas de alturas o líneas de posición, siendo utilizable solamente en las regiones polares. En este método el polo es usado como punto adoptado (Pa). La altura calculada (Ac) puede ser determinada por medio del Almanaque como veremos a continuación.

La altura del astro es su distancia angular desde el horizonte; la declinación es la distancia angular determinada desde el ecuador celeste. En el polo, el horizonte y el ecuador celeste coinciden, haciendo la declinación igual a la altura del astro. Esta es la razón por la cual un cuerpo celeste con una declinación fija, circunda los cie-

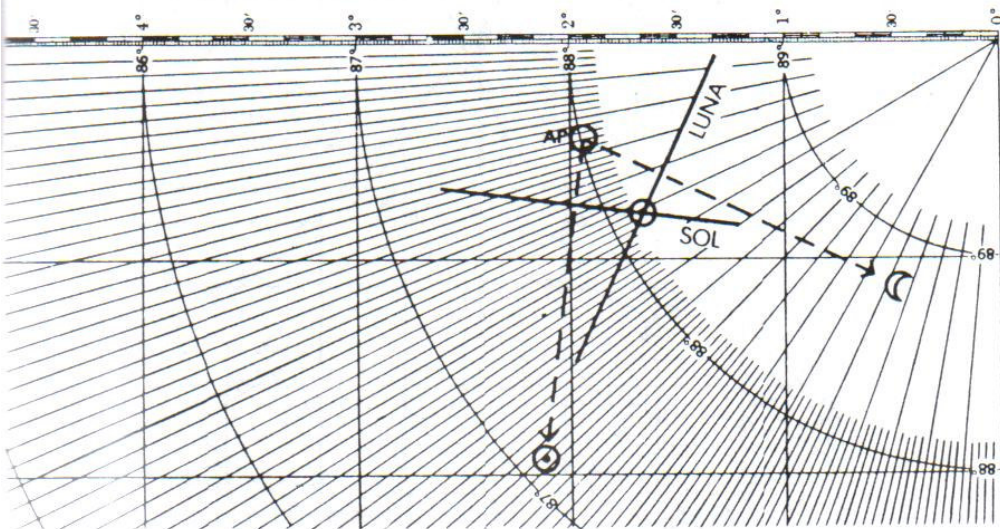


Figura 16.04-b

los sin cambiar su altura. En el polo todas las direcciones son sur o norte, depende del hemisferio; por lo tanto el azimut no tiene significado. Las líneas que irradian del polo son meridianos. Por esto en lugar del azimut, es usado el "Angulo Horario de Greenwich" (AHGr) ya que éste indica en qué "dirección a partir del polo" se encuentra el astro.

Para trazar una recta o línea de posición por este método, se entra al Almanaque con la fecha y HmGr, y se determina el AHGr y la declinación del astro. La declinación será igual a la "altura calculada" (Ac). Comparando esta Ac con la "altura verdadera" (Av), se obtendrá el "intercepto" en la forma acostumbrada. Aplique el "intercepto" cuando es positivo desde el polo a lo largo

del meridiano indicado por el AHGr, y por el punto así determinado, trace una línea perpendicular al meridiano. Si el intercepto es negativo entonces aplíquelo a lo largo del meridiano inferior indicado por el AHGr, y por el punto así determinado trace una línea perpendicular a dicho meridiano; o sea en contra del astro. En la figura 16.04-c, está la situación utilizando este método, con los mismos datos empleados para la situación hecha en las figuras 16.04-a y 16.04-b.

Este método fue ideado en 1892, pero no existen pruebas de que se hubiese usado antes que transcurrieran 30 años. En los primeros tiempos de las exploraciones aéreas del polo, este método fue muy popular; pero con el desarrollo de los

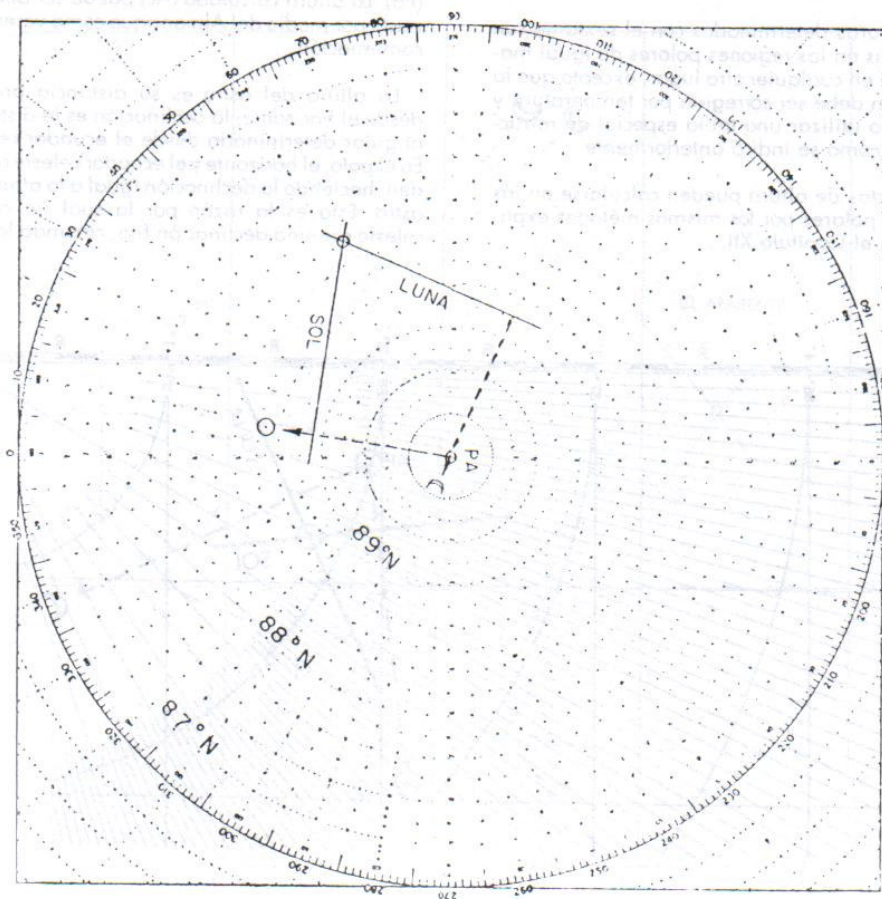


Figura 16.04-c



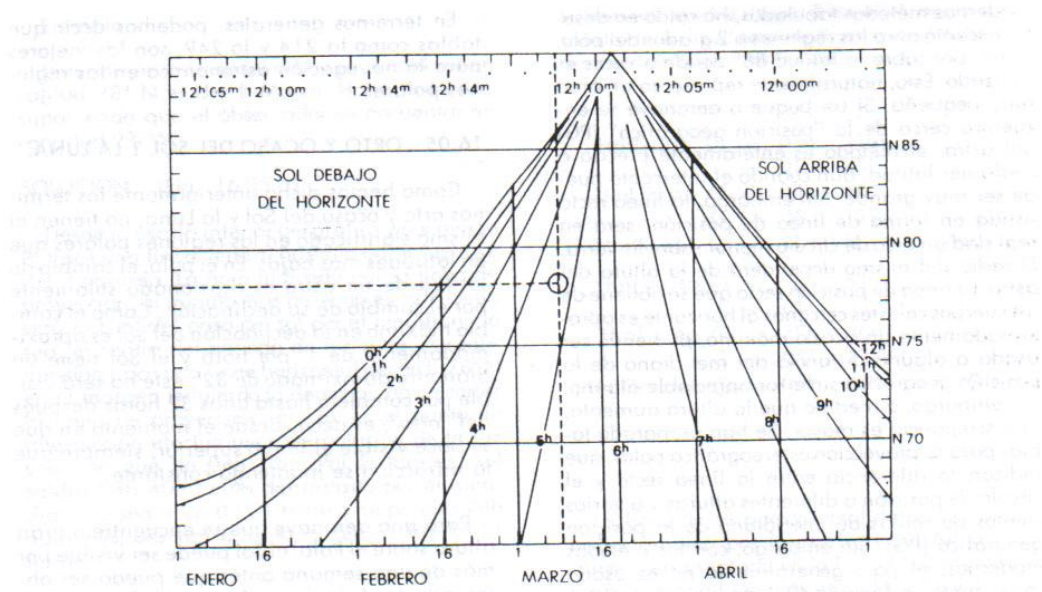


Figura 16.05-a

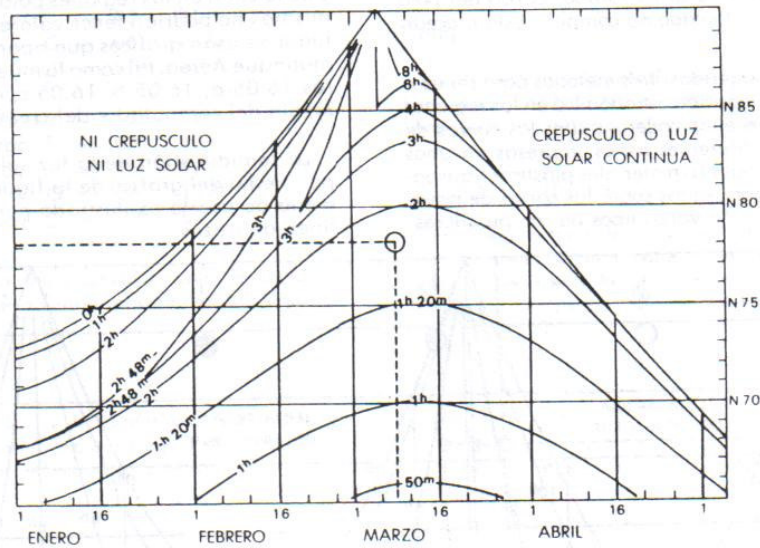


Figura 16.05-b

modernos métodos tabulados, ha caído en desuso, excepto para las regiones a 2 grados del polo, o sea, por sobre la latitud  $88^\circ$  donde a veces es utilizado. Esto, naturalmente representa un área muy pequeña. Si un buque o aeronave se encuentra cerca de la "posición geográfica" (PG) del astro, el método es enteramente preciso a cualquier latitud, aun cuando el intercepto puede ser muy grande. Sin embargo, la línea recta usada en forma de línea de posición, será en realidad un arco de círculo menor sobre la tierra. El radio del mismo dependerá de la altura del astro. La línea de posición recta que se obtiene de los cuerpos celestes cercanos al horizonte es aproximadamente un círculo máximo, pudiendo ser usada a alguna distancia del meridiano de la posición geográfica sin error apreciable alguno. Sin embargo, a medida que la altura aumenta, la discrepancia es mayor. Se han preparado tablas para la proyección estereográfica polar, que indican la diferencia entre la línea recta y el círculo de posición a diferentes alturas y a varios cientos de millas del meridiano de la posición geográfica (PG). Sin embargo, con los métodos modernos, el polo generalmente no es usado como punto adoptado (Pa) en aquellas áreas donde dicha corrección es necesaria.

Las rectas de alturas o líneas de posición son transportadas de igual modo que en las latitudes más bajas. Si se está siguiendo un rumbo grid el punto adoptado o línea de posición son trasladadas a lo largo de dicho rumbo. El uso del polo como punto adoptado no complica este procedimiento.

Han sido sugeridos otros métodos para ser usados en la navegación astronómica en las regiones polares. Entre ellos podemos citar las curvas de altura para diferentes astros impresas en unas plantillas de papel o materiales plásticos transparentes para ser usadas sobre las cartas de navegación y también varios tipos de computadores.

En términos generales, podemos decir que tablas como la 214 y la 249, son las mejores para la navegación astronómica en las regiones polares.

#### 16.05 ORTO Y OCASO DEL SOL Y LA LUNA.

Como hemos dicho anteriormente los términos orto y ocaso del Sol y la Luna, no tienen el mismo significado en las regiones polares que en latitudes más bajas. En el polo, el cambio de latitud de un astro es ocasionado solamente por el cambio de su declinación. Como el cambio máximo en la declinación del Sol es aproximadamente de  $1'$  por hora y el Sol tiene un diámetro aproximado de  $32'$ , éste no será visible por completo hasta unas 32 horas después del "orto"; es decir, desde el momento en que se hace visible el limbo superior, siempre que la refracción se mantenga constante.

Para una aeronave que se encuentre a gran altura sobre el Polo, el Sol puede ser visible por más de una semana antes que pueda ser observado desde la tierra. A causa de las grandes variaciones que sufre la refracción en las regiones polares, es difícil predecir hasta el día en que tendrá lugar la salida del Sol.

No existen tablas para el orto y ocaso del Sol y de la Luna en las regiones polares, ya que las mismas no podrían tener valores reales. En su lugar se usan gráficos que aparecen en el Almanaque Aéreo, tal como lo muestran las figuras 16.05-a, 16.05-b, 16.05-c, o también por medio del computador del crepúsculo.

La semiduración de la luz solar es hallada por medio del gráfico de la figura 16.05-a. El modo de usarlo es ilustrado por medio de la línea de trazos.

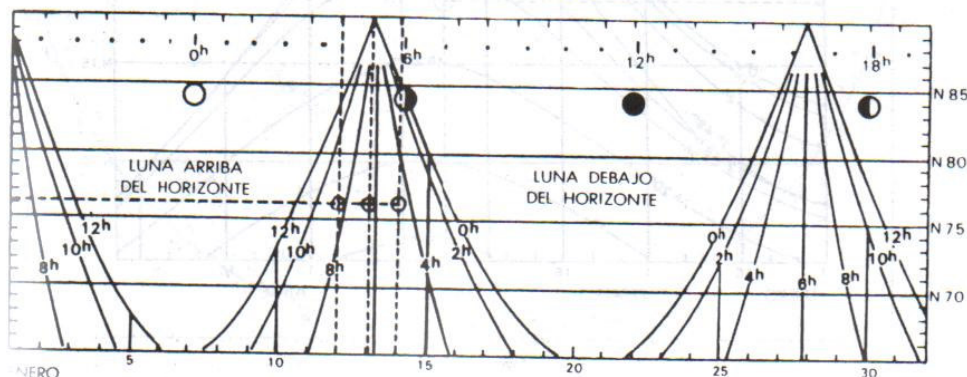


Figura 16.05-c



**Ejemplo.**

Determinar la Hml del orto y ocaso del sol en Latitud 78° N el día 8 Marzo. Halle la HmGr, suponiendo que el observador se encuentre en Longitud 93° W.

**SOLUCION.-** (Fig. 16.05-a).

Desde la escala inferior del gráfico y por marzo 8, trace una línea vertical hasta la parte superior del diagrama. La hora indicada por la línea de proyección, el minuto más próximo es 12h 11m., será la Hml del paso del sol por el meridiano, o sea, el centro del período de luz solar. A continuación trace una línea horizontal desde L. 78° N en el margen izquierdo (o derecho), hasta cortar la línea de proyección vertical. En el punto de intersección efectúe una interpolación de la luz solar, lo que da 04h 40m. Por lo tanto el sol saldrá 04h 40m antes del tránsito por el meridiano, o sea a las 07.31 horas y se pondrá 04h 40m después del tránsito, o sea, a las 16.51 horas.

Si a los resultados anteriores se le corrige la G se obtendrá la HmGr del orto y ocaso del sol. Entonces:

|                   |   |     |     |
|-------------------|---|-----|-----|
| Hmlp ⊙ m          | = | 12h | 11m |
| semi durac. solar | = | 04  | 40  |
| Hml orto ⊙        | = | 07  | 31  |
| G                 | = | 06  | 12W |
| HmGr orto ⊙       | = | 13h | 43m |
|                   |   |     |     |
| Hmlp ⊙ m          | = | 12h | 11m |
| S. durac. S.      | = | 04  | 40  |
| Hml oc. ⊙         | = | 16  | 51  |
| G                 | = | 06  | 12W |
| HmGr oca ⊙        | = | 23  | 03  |

La duración del crepúsculo civil es determinado de manera similar por medio del Almanaque Aéreo.

**Ejemplo.**

Hallar la Hml y la HmGr del comienzo del crepúsculo matutino o aurora y fin del crepúsculo vespertino para el ejemplo anterior.

**SOLUCION.-** (Fig. 16.05-b).

Trace una línea vertical por marzo 8 y otra horizontal por L 78° N. En la intersección, interpole entre las dos curvas. El valor hallado es aproximadamente 1 hora 45 minutos. Por tanto

la aurora tendrá lugar 01h 45m antes de la salida del sol y el crepúsculo terminará 01h 45m después de la puesta del sol.

|              |   |     |             |
|--------------|---|-----|-------------|
| Hml orto ⊙   | = | 07h | 31m         |
| -            | = | 01  | 45          |
| Hml aur. ⊙   | = | 05  | 46          |
| G            | = | 06  | 12W         |
| HmGr aur ⊙   | = | 11h | 58 (8 Mar.) |
|              |   |     |             |
| Hml ocaso ⊙  | = | 16h | 51          |
| +            | = | 01  | 45          |
| Hml crep. ⊙  | = | 18h | 36m         |
| G            | = | 06  | 12W         |
| HmGr crep. ⊙ | = | 00h | 48m (9 Mar) |

La hora de la puesta y salida de la Luna se halla también por los gráficos del Almanaque Aéreo, representado en la fig. 16.05-c, y de manera similar a la puesta y salida del Sol. La hora del tránsito de la Luna, naturalmente no es siempre cerca de las 12.00 hrs. y puede suceder a cualquiera hora durante el día. Las fases de la Luna son mostradas por su símbolo; el círculo en blanco significa Luna llena y el círculo negro Luna nueva.

**Ejemplo.**

Hallar la Hml, Hz y HmGr del orto y ocaso de la Luna en L. 76° N G. 70° W el día 12 de Enero, así como la fase en que la misma se encuentre.

**SOLUCION.-** (Fig. 16.05-c).

La línea vertical trazada por Enero 12 indica que la Luna deberá estar sobre el meridiano celeste a la Hml 04h 25m. La semiduración de la luz de la Luna es 0800 horas. Por lo tanto:

|              |   |     |     |           |
|--------------|---|-----|-----|-----------|
| Hml p ⊕ m    | = | 04h | 25m | (12 Ene.) |
| - Semidurac. | = | 08  | 00  |           |
| Hml orto ⊕   | = | 20  | 25  | (11 Ene.) |
|              |   |     |     |           |
| Hml p ⊕ m    | = | 04h | 25  | (12 Ene.) |
| semidurac.   | = | 08  | 00  |           |
| Hml oc ⊕     | = | 12  | 25  | (12 Ene.) |

Igualmente para el siguiente día el orto de la Luna ocurre a las 23.30 hrs. del día anterior y el ocaso a las 11.30 hrs.

El siguiente orto tendrá lugar a las 01.00 hrs. de enero 14. Usando el formato usual:

#### Orto Luna

|             |   |         |           |
|-------------|---|---------|-----------|
| Día consid. | = | 22h 30m | (12 Ene.) |
| Día sgt ☉   | = | 01 00   | (13 Ene.) |
| Dif.        | = | 150     |           |
| 150 x 70    | = | +29m    |           |
| 360         |   |         |           |
| Hml orto ☾  | = | 22h 30m |           |
| Hml orto ☾  | = | 22 59   | (12 Ene.) |
| G           | = | 04 40W  |           |
| HmGr orto   | = | 03 39   | (13 Ene.) |
| Zh          | = | 05 00   |           |
| Hzi ort ☾   | = | 22h 39m | (12 Ene.) |

#### Ocaso Luna

|           |   |         |           |
|-----------|---|---------|-----------|
|           | = | 12h 25m | (12 Ene.) |
|           | = | 11 30   | (12 Ene.) |
| Dif.      | = | 55      |           |
| 55 x 70   | = | -11m    |           |
| 360       |   |         |           |
| Hml oc ☾  | = | 12h 25m |           |
| Hml oc ☾  | = | 12 14   | (12 Ene.) |
| G         | = | 04 40W  |           |
| HmGr oc ☾ | = | 16 54   | (12 Ene.) |
| Z         | = | 05 00   |           |
| Hzi oc ☾  | = | 11 54   | (12 Ene.) |

La Luna se encuentra aproximadamente dos días antes del cuarto menguante.

No hay gráficos similares para hallar la duración de la luz solar y lunar, así como el crepúsculo en las regiones polares sur. Sin embargo, se pueden usar los gráficos de las latitudes norte, seleccionando un día en que la declinación sea del mismo valor numérico, pero de signo contrario. Se determina entonces, por medio del Almanaque, la hora del tránsito por el meridiano, usando uno de los métodos explicados anteriormente y se podrá determinar la semiduración de la luz solar o lunar del crepúsculo.

#### El Computador de Crepúsculos.

Consiste en un mapa de las regiones polares impreso en una base de forma circular, aproximadamente del mismo tamaño de un identificador de estrellas H.O. 2102D (o mucho mayor para ser colocado en la pared) y una plantilla transparente que es colocada sobre la base utilizando el valor del AHGr del Sol o Luna. La declinación que aparece en una escala en la plantilla es colocada sobre el polo. La parte de esta escala opuesta a la

parte sombreada es colocada sobre la escala de AHGr que aparece en el borde de la base. Cuando la plantilla es colocada correctamente, el círculo máximo perpendicular a la escala de declinación (a través de declinación 0°), indicará la línea a lo largo de la cual ocurren el orto y ocaso del Sol o Luna. Las líneas de declinación 6°, 12° y 18° paralelas a las líneas de orto y ocaso del Sol, indicarán los límites de la oscuridad para los crepúsculos civil, náutico y astronómico respectivamente. La posición de cualesquiera de estas líneas, con relación a un lugar dado, puede ser determinada colocando la plantilla tal como se ha indicado anteriormente. La hora del orto y ocaso del Sol así como los límites del crepúsculo, etc., pueden determinarse rotando la plantilla hasta que la línea deseada esté sobre el lugar que se considere, obteniendo así el AHGr y determinando, por consiguiente, la hora que le corresponde por referencia al Almanaque.

Como el computador da una indicación gráfica, en cualquier momento, de la localización de la peligrosa zona de crepúsculos, el computador de crepúsculos resulta un instrumento de gran valor para confeccionar los planes a seguir.

#### 16.06 DERROTOS Y OTRAS PUBLICACIONES.

Tanto el derrotero Volumen VI, publicado por el SHOA, como el derrotero antártico de los servicios hidrográficos de EE.UU., contienen una apreciable cantidad de información, la que año a año está siendo incrementada a través de los viajes regulares que efectúan los buques de nuestra Armada al Territorio Chileno Antártico.

Asimismo, los Anuarios Hidrográficos editados por el SHOA, contienen regularmente un abundante material técnico y científico sobre la región antártica.

No existe una publicación que por el momento contenga todo el Artico, pero se da información sobre ciertos puntos de esa región particularmente para Groenlandia y el N de Canadá. Existen atlas de hielo de los hemisferios norte y sur, mostrando las condiciones promedio del hielo en la superficie para diferentes meses. Estos atlas son considerados como muy precisos.

#### 16.07 PLANIFICACION.

A través de este capítulo se ha hecho énfasis en los problemas y dificultades que se encuentran en las regiones polares, no con la idea de asustar, sino para recalcar la necesidad de entender las condiciones que se encontrarán y de efectuar una



planificación y preparación adecuadas antes de entrar en esas regiones. Una vez hecho esto, las regiones polares podrán ser navegadas con confianza.

Los vuelos comúnmente efectuados en las regiones polares son de tal naturaleza, que la hora de partida y la ruta propuesta pueden ser controladas a fin de evitar las condiciones desfavorables. Recordando que la navegación astronómica es el método principal para determinar la posición y mantener la dirección de la aeronave, los vuelos deben ser planeados de manera que se efectúen en su totalidad durante el día o la noche, evitando la zona del crepúsculo, y cuando no pueda ser evitada en su totalidad deberá intentarse atravesarla perpendicularmente, de manera que se invierta el menor tiempo posible dentro de ella. Aunque la noche es mejor para los fines de la navegación, mucha de la información a hallar en las regiones polares pueden ser obtenidas mejor durante el día. La mejor hora para efectuar viajes durante el día, es cuando el sol y la luna se encuentran separados aproximadamente  $90^\circ$  y la "Luna está sobre el horizonte". Esto ocurre solamente durante unos pocos días cada mes.

Las condiciones son menos críticas para el navegante en los buques, porque su velocidad es poca y por lo general pueden detenerse y esperar mejores condiciones. La ayuda más valiosa en los buques en regiones polares, la constituyen el sonador acústico y el radar.

Todas las fases de una travesía, incluyendo las facilidades de rescate, deben ser objeto de una cuidadosa planificación, ya que de ésta, depende, en mucho, el éxito de la empresa.

## 16.08 LA NAVEGACION TERRESTRE DE VEHICULOS.

De hecho, la navegación de dichos vehículos es esencialmente diferente de aquellas del avión o buque, salvo en una sola excepción importante. El navegante del vehículo terrestre, puede detenerse y obtener una plataforma estable desde la cual efectuar sus observaciones astronómicas, tomar demarcaciones, etc., sin ser molestado por la aceleración de la burbuja de sextante, vibraciones, etc.

La navegación de tales vehículos, generalmente consiste en mantener la estima durante un periodo conveniente, a menudo durante varios días, y verificar la posición por observaciones astronómicas precisas en momentos favorables. En tales momentos la precisión del compás también es verificada. Un compás de inducción remota del tipo de aeronave, es normalmente el más adecuado para mantener el rumbo, excepto en las inmediaciones de los polos magnéticos, donde es necesario dirigirse con referencia a objetos prominentes y verificar la dirección a intervalos frecuentes.

El compás de inducción remota es un compás de inducción terrestre, giroscópicamente estabilizado.

La navegación de estima en los vehículos terrestres es complicada, por la necesidad de alterar el rumbo frecuentemente para evadir obstáculos.

## CAPITULO XVII

### NAVEGACION EN BOTES SALVAVIDAS

Generalidades y equipo de navegación

Travesía, estima, dirección y velocidad

Métodos para medición de alturas de astros

Determinación de latitud y longitud.

#### 17.00 GENERALIDADES.

Si los botes salvavidas contaran con todos los elementos y equipos de navegación que tienen los buques; la navegación en ellos, no tendría dificultad, y la posición o situación del bote en el mar, sería determinada con la misma exactitud que en cualquier nave.

Lamentablemente, razones de espacio por una parte y económica por otra, reducen los elementos auxiliares de navegación, a lo estrictamente necesario para seguir una ruta y obtener situación astronómica con la aproximación suficiente para dirigirse de un punto a otro. Además que el reducido calado de un bote como la rápida maniobrabilidad de él, no exigen una extremada exactitud al aproximarse a la costa.

La posibilidad que algún día se debe abandonar el buque, no es remota. En cualquier momento, puede suceder el accidente serio que obligue a tal medida. Contra ese momento el buque debe estar siempre preparado, como lo está para cualquier otro zafarrancho.

La manera de hacerlo es tener preparado, en todo momento, un equipo de navegación de emergencia para cada bote salvavida o balsa, resguardándola dentro de algo a propósito e impermeable; asegurándolo convenientemente al bote o balsa. Es aconsejable zarpas siempre de

un puerto, teniendo esta emergencia preparada, pues lo contrario, cuando ésta ocurra, puede ser ya demasiado tarde.

#### 17.01 EQUIPO DE NAVEGACION EN BOTES SALVAVIDAS.

a) COMPAS. Todo bote debe tener su propio compás magnético, el cual debe ir colocado en la embarcación al zarpe de un puerto. El Bote debe llevar un calzo para la instalación de él, pues debe cuidarse que la línea de fe del compás quede paralela a la línea de crujía del bote.

b) CARTAS. Se recomienda que en los botes salvavidas se usen de preferencia los "Pilot Charts" de la zona que se va a navegar y que corresponden a la época del año. Pues estas cartas, además que se pueden usar para los fines de navegación, le proporciona innumerables otros datos; tales como: Variación magnética, vientos dominantes, corrientes marinas, temperaturas medias, rutas de navegación, etc.

c) SEXTANTES. Este es un molesto problema, pues indudablemente, es económicamente imposible dotar a cada bote salvavidas de un buque de estos instrumentos. Para solucionar lo anterior, pueden utilizarse sextantes de bajo costo. Uno muy usado en la última guerra Mundial, consistía en esencia, de un pequeño disco plástico provisto de modificadores y un pequeño ocular. Obteniendo el promedio de varias lectu-



ras se logran exactitudes menores de 5 millas. Conviene recordar que no necesita una precisión matemática en estas observaciones. Con madera o cartón, dos espejos pequeños y una pieza giratoria o pivote, se puede hacer un sextante satisfactorio. Más adelante veremos otros métodos sencillos para obtener altura de astros.

d) TABLAS. Se debe incluir un ejemplar o copia de alguna tabla universal pequeña, como la H.O. 211. También se puede hacer un juego completo de las Tablas 214, en pocas páginas, si se confecciona con 5° de intervalo de Polo, Declinación y de Latitud y se limita la declinación a una máxima de 30°, que es la suficiente para todos los astros del sistema solar y muchas estrellas, y la Latitud a 70°. En este capítulo se insertan algunas otras que también pueden utilizarse.

e) ALMANAQUE NAUTICO. Lo más probable es que no exista Almanaque Náutico del año para todas las embarcaciones. En este caso, los datos necesarios se deben traspasar con anterioridad a una libreta, lo que no constituye un gran trabajo puesto que lo que debe anotarse será:

(AHGr  $\odot$ ), Angulo horario del Sol cada diez días; (HmGr 00h).

(D  $\odot$ ), Declinación del Sol cada diez días (HmGr 00h).

(Et), Ecuación del tiempo cada diez días. (HmGr 00h).

AHGr  $\Upsilon$  cada diez días (HmGr 00h).

D\* y AHS\* de 20 a 25 estrellas principales.

Los datos anteriores deben copiarse solamente hasta el décimo de grado más próximo. Fíjese que se trata de un décimo de grado, y no un décimo de minuto.

Los datos de luna y planetas que pueden resultar útiles a veces, aunque no esenciales, no se consideran en esta recopilación, dado que siendo sus posiciones entre las estrellas variables, harían necesario agregar datos adicionales.

f) CUADERNO DE BITACORA. Se debe tener un cuaderno o libreta en el cual debe anotarse toda información y que, a la vez sirva como bitácora, y también para efectuar todo cálculo.

g) EQUIPO DE PLOTEO. Debe estar incluido en el equipo: lápices, gomas de borrar, linterna, transportador (muy importante), regla gra-

duada, escuadras, compás de punta seca y lápiz, rosas de maniobra, y si es posible cartas plotting.

h) VARIOS. Sin duda, que además del equipo que se ha detallado y del equipo normal de la embarcación, tales como: Santa Bárbara de bote, cohetes y luces de bengala, salvavidas, anclote, barril de agua, caja de viveres, etc., puede incluirse cualquier equipo adicional que se desee. Para proteger la vista es conveniente llevar gafas, también tabletas para combatir el mareo, que es muy común entre los tripulantes en los primeros días, de donde resulta que pocos se encuentran en condiciones de atender las faenas propias de la navegación.

Conviene tener a mano, una lista para comprobar el material que se lleva para estos casos.

Si resultara poco practicable dotar con tal equipo a cada bote, puede resultar necesario disponer de uno para llevarlo consigo, aunque esto es menos satisfactorio, pues debido a la confusión de los primeros momentos a bordo, puede con facilidad olvidarse, no haber tiempo para su búsqueda o ser mal colocado en el bote.

## 17.02 AL ABANDONAR EL BUQUE.

Sin perjuicio de tener embarcado en los botes los elementos que anteriormente se ha hecho mención; hay cosas que, necesariamente, deben dejarse para el último momento, pero que deben estar consideradas en la lista de material que debe embarcarse. Estos elementos pueden ser, el sextante del buque, el cronómetro o un comparador, la carta por la cual navegaba el buque, o cualquier otro elemento de navegación o comunicaciones que sea de utilidad embarcar, dentro del tiempo disponible antes del abandono.

Aparte de lo anterior, determine el error que tiene su reloj, pero no lo corrija y anótelos con la fecha verificando que tenga cuerda. Anote también, la Latitud, Longitud y rumbos del buque en el momento del abandono.

## 17.03 EN LA EMBARCACION.

Una vez abandonado el buque; aquella persona que le corresponde tomar el mando de la embarcación, deberá ejercerlo con comprensión, criterio y con buen tino, adaptándose a la sacrificada vida en un Bote Salvavidas y evitar en lo posible la confusión que se produce entre los tripulantes ante un acontecimiento inesperado y cuyo desenlace final es muy difícil predecir. La



igualdad y la fraternidad, sin menoscabar la autoridad, actuando con determinación y juicio sereno, es muy importante para mantener una elevada moral y camaradería. Si hay varios botes en el agua, resultará más ventajoso mantenerse lo más cerca posible uno de otro.

No debe olvidarse que la parte importante de la travesía hacia la salvación, radica en el mantenimiento de una moral elevada, que haga mirar con optimismo y fe el rescate de los náufragos.

#### 17.04 TRAVESÍA.

Antes de ponerse en marcha, o enfilar cualquier rumbo; debe hacerse una "apreciación de la situación" en forma muy cuidadosa para determinar la ruta que se va a seguir, en la que entrará a considerar: la costa más cercana, si ésta es abordable o no, las condiciones meteorológicas imperantes en la zona de travesía, rutas más frecuentadas por naves. Si se dispone de "Pilot Chart", debe estudiarse minuciosamente familiarizándose con el promedio de corriente que deberá esperar y los vientos dominantes. Considerarlo motivo poderoso junto con la velocidad probable, ya que puede resultar mejor, gobernar hacia tierras más lejanas y en la dirección que el viento y la corriente tiran, antes que enfilar hacia otros más cercanos, pero difíciles de alcanzar.

No deberá apartarse de las rutas conocidas de navegación que aparecen en los "Pilot Charts". Si hay más de un rumbo adecuado, elija el que se aproxima más a una ruta conocida de navegación.

No importa el tiempo que se demore en este detallado estudio; que en sí, puede ser la decisión más importante de toda la travesía.

Enseguida se establecerá el número de relojes disponibles y se establecerá lo más exactamente posible, el error en la hora de cada uno de ellos. Regístrese la información y establézcase una forma uniforme para comparar y dar cuerda a los relojes.

Si antes de abandonar el buque se enviaron señales y hay motivos para esperar que los buques o aviones de salvamento hayan iniciado la búsqueda, lo más acertado es mantenerse en las inmediaciones desde donde se comunicó la última posición del buque. Idéntica política conviene aplicar en el caso de haber usado luces o cohetes de señales en un área donde estas pudieran ser avistadas por otras naves.

Una vez determinada la ruta a seguir y la probable velocidad media, se calcula el tiempo que demorará el trayecto hasta el punto elegido para recalar, y de acuerdo con este tiempo, más un prudente resguardo, deberá procederse al racionamiento de los víveres y agua de bebida.

Deberá también determinarse, la capacidad, conocimientos y aptitudes de cada tripulante para asignarles tareas y establecer una rutina definida.

Recuerde que un error de 4 segundos en la hora, produce un error máximo de un minuto de Longitud, por esta razón, si hay alguna duda con respecto a la seguridad de mantener hora exacta; es preferible no colocar rumbo directamente al punto elegido, sino que un rumbo para ir ganando en Latitud y una vez alcanzada la Latitud de destino, navegar hacia el Este o el Oeste según corresponda, manteniéndose en la Latitud; pues como sabemos, la Latitud la podemos determinar sin necesidad de hora.

#### 17.05 ESTIMA DE LA NAVEGACION.

Si el llevar una buena navegación de estima, es siempre sumamente importante en un buque, también lo es en un bote salvavidas, donde se hace dificultoso debido a la poca estabilidad en que una embarcación puede mantenerse en el rumbo, y la exactitud, —a veces dudosa— de la distancia navegada por los sistemas que se usan para determinarla, al no tenerse corredera.

Para llevar una buena estima, deberá determinarse lo más exacto posible el punto de salida, llevarse posteriormente un cuidadoso registro de los rumbos y distancias navegadas, corrientes apreciadas y abatimiento, además, de un constante control del rumbo que se lleva por el compás. Un punto estimado determinado por una prolija estima puede ser más valioso que una situación incierta obtenida por métodos habituales con instrumentos pocos exactos, usando datos de Tablas y Almanagues en forma aproximada. Distinto es el caso si se dispone de elementos de navegación más o menos exactos.

De la habilidad del navegante para usar los elementos a su alcance, y del correcto empleo de los métodos descritos en este capítulo, depende que el bote llegue a su destino. Debe aprovecharse las ventajas de todas las condiciones existentes. Cuando el viento es favorable, debe avanzarse la mayor distancia posible en la dirección deseada. A veces resulta ventajoso cambiar levemente el rumbo en una dirección distinta a la deseada, para lograr mayor velocidad o disminuir el abatimiento. En lo posible se tratará de



Llevar un plotting de la ruta del bote, aunque a veces esto puede ser difícil en una embarcación abierta, resultará más sencillo, llevando un registro exacto de los movimientos, mediante una "Tabla de Estima" como lo que se explica enseguida.

#### 17.06 TABLA DE ESTIMA.

La Tabla indicada a continuación es muy sencilla y su empleo es similar a la Tabla N°3 en uso en nuestra Armada. En esta Tabla el Rumbo viene en las cuatro primeras columnas; en la quinta, la diferencia de Latitud (l), en minutos por milla de distancia navegada en el rumbo; y el apartamiento (ap) o millas Este o Oeste por millas de distancia, en la sexta columna.

Para encontrar "l" y "ap" multiplíquese el valor tabulado por la distancia navegada.

La Tabla puede emplearse en la solución de cualquier problema de estima y, tiene la suficiente exactitud, para las distancias que puede navegar un bote en un día.

Si deseamos el Punto estimado en un momento dado, se obtendrá de la tabla "l" y "ap" como se dijo. Luego a la Latitud de Salida o partida le agregamos "l" y tendremos la Latitud estimada. Para reducir el "ap" en "g" se multiplica el "ap" por el factor tomado de la Tabla B que aparece a continuación.

#### A) TABLA DE ESTIMA.

Para encontrar "l" y "ap" éntrese con el Rv y los valores tabulados multiplíquelos por la distancia navegada.

| R U M B O |      |      |      | l    | ap   |
|-----------|------|------|------|------|------|
| N         | S    | S    | N    | —    | —    |
| 000°      | 180° | 180° | 360° | 1.00 | 0.00 |
| 005°      | 175° | 185° | 355° | 1.00 | 0.09 |
| 010°      | 170° | 190° | 350° | 0.98 | 0.17 |
| 015°      | 165° | 195° | 345° | 0.97 | 0.26 |
| 020°      | 160° | 200° | 340° | 0.94 | 0.34 |
| 025°      | 155° | 205° | 335° | 0.91 | 0.42 |
| 030°      | 150° | 210° | 330° | 0.87 | 0.50 |
| 035°      | 145° | 215° | 325° | 0.82 | 0.57 |
| 040°      | 140° | 220° | 320° | 0.77 | 0.64 |
| 045°      | 135° | 225° | 315° | 0.71 | 0.71 |
| 050°      | 130° | 230° | 310° | 0.64 | 0.77 |
| 055°      | 125° | 235° | 305° | 0.57 | 0.82 |
| 060°      | 120° | 240° | 300° | 0.50 | 0.87 |
| 065°      | 115° | 245° | 295° | 0.42 | 0.91 |
| 070°      | 110° | 250° | 290° | 0.34 | 0.94 |
| 075°      | 105° | 255° | 285° | 0.26 | 0.97 |
| 080°      | 100° | 260° | 280° | 0.17 | 0.98 |
| 085°      | 095° | 265° | 275° | 0.09 | 1.00 |
| 090°      | 090° | 270° | 270° | 0.00 | 1.00 |
| E         | E    | W    | W    | —    | —    |

#### B) TABLA DE ESTIMA.

La latitud media es el argumento de entrada. Tanto "ap" como "g" son en minutos. El Rv indica el signo que se debe aplicar.

| Lm  | ap en g | Lm  | ap en g | Lm  | ap en g |
|-----|---------|-----|---------|-----|---------|
| 0°  | 1.00    | 30° | 1.15    | 60° | 2.00    |
| 5°  | 1.00    | 35° | 1.22    | 65° | 2.37    |
| 10° | 1.02    | 40° | 1.30    | 70° | 2.92    |
| 15° | 1.04    | 45° | 1.41    | 75° | 3.86    |
| 20° | 1.06    | 50° | 1.56    | 80° | 5.76    |
| 25° | 1.10    | 55° | 1.74    | 85° | 11.47   |

## 17.07 EJEMPLO.

Un bote salvavidas tomó un punto de salida  $L = 28^{\circ} 37',4 \text{ S}$ .  $G = 160^{\circ} 12',6 \text{ E}$ . navegando al  $R_v = 240^{\circ}$ ; 80 millas. ¿Cuál es el Pe?

Solución:

Con  $R_v = 240$  buscamos los factores para "l" y "ap" en la primera Tabla A.

$$\begin{aligned} R_v &= 240^{\circ} \text{ factores para l} \dots\dots\dots 0,5 \\ l &= 80 \times 0,5 = 40',0 \text{ S} \\ &\text{para ap} \dots\dots\dots 0,87 \\ \text{ap} &= 80 \times 0,87 = 69',6 \text{ W} \end{aligned}$$

$$L_s = 28^{\circ} 37',4 \text{ S}$$

$$l = 40',0 \text{ S}$$

$$L_e = 29^{\circ} 17',4 \text{ S}$$

$$L_m = 29^{\circ}$$

Factor Tabla B = 1,14

$$\text{luego } g = \text{ap} \times 1,14 = 69,9 \times 1,14 = 79',3 \text{ W} = 01^{\circ} 19',3 \text{ W.}$$

$$G_s = 160^{\circ} 12', \text{ E.}$$

$$g = 01^{\circ} 19',3 \text{ W.}$$

$$L_e = 158^{\circ} 53',3 \text{ E.}$$

$$G_e = 29^{\circ} 17',4 \text{ S.}$$

Pe

Si se desea, los valores de "l" y "ap", pueden hallarse gráficamente construyendo el triángulo de la figura 17.07-a. Una Rosa de maniobra, también puede ser útil para este propósito. La conversión de "ap" en "g" puede hacerse también gráficamente, tal como lo muestra la figura 17.07-b, aunque lo mejor y más fácil es determinar directamente en una carta o carta de Ploteo.

## 17.08 DIRECCION.

En todo momento es necesario conocer la dirección exacta en que se desplaza la embarcación. Para saberlo se usa el compás magnético, pero deberá conocer la variación magnética del lugar y el desvío que tiene el compás a la proa que se gobierna.

La variación magnética puede determinarse mediante los Pilot Charts, y el desvío por los medios usuales si se cuenta con los elementos

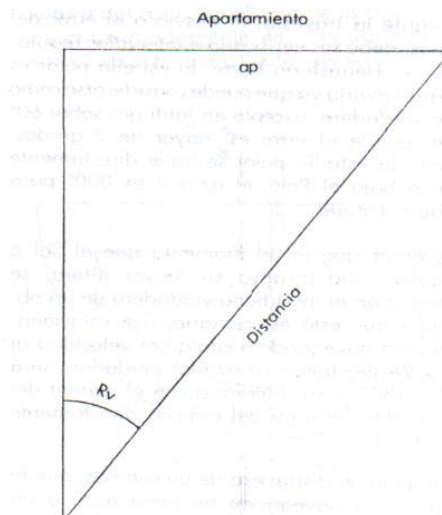


Fig. 17.07-a

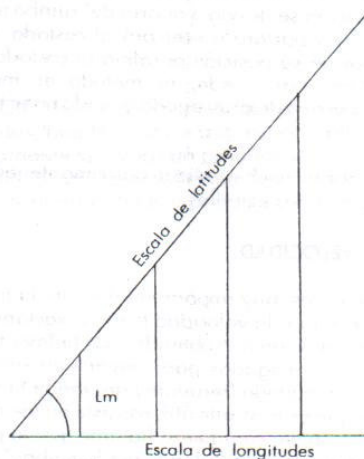


Fig. 17.07-b

auxiliares mecánicos. Pero si no los tuviera, láncese por la borda algún objeto flotante, tal como un salvavida por ejemplo, que no derive demasiado con el viento, y siga el rumbo magnético recíproco al deseado. Después que se ha navegado alejándose una distancia tal como media milla, vire y diríjase directamente hacia el objeto. Si no hay desvío, el rumbo del compás, será la recíproca del primer rumbo. Si no es la recíproca, indica la existencia de desvío y el rumbo magnético es la media entre la recíproca del primer rumbo y el rumbo del compás de regreso.



Durante la travesía, el desvío o el error del compás, debe ser verificado a intervalos regulares. En el Hemisferio Norte, la estrella polar es una gran ayuda ya que puede considerarse como Norte verdadero, excepto en latitudes sobre 60° Norte, donde el error es mayor de 2 grados. Cuando la estrella polar se halle directamente sobre o bajo el Polo, el azimut es 000° para cualquier Latitud.

Sabemos que en el momento que el Sol o cualquier astro alcanza su mayor altura, se encuentra en el meridiano verdadero de un observador que está estacionario, casi estacionario, o bien navegando a cualquier velocidad al Este o Weste; luego su azimut verdadero será 000° o 180°, y su diferencia con el azimut del compás dará el error del compás directamente ( $Vmg + \Delta$ ).

Si el bote no dispusiera de un compás, puede lograrse una navegación en línea recta a un rumbo, remolcando un cabo asegurado al costado del bote. Así, observaremos que cuando la embarcación se desvía o aparta del rumbo recto, el cabo se apartará o acercará al costado, desviándose de su posición paralela al costado del bote. Con mar rizada, el método es menos exacto, pero es de gran ayuda cuando no se tiene otro medio.

Durante la noche utilizar para mantenerse a rumbo, algunas estrellas.

#### 17.09 VELOCIDAD.

También es muy importante durante la travesía, determinar la velocidad lo más exactamente posible, pues con ello obtendremos fielmente las distancias navegadas para llevar una correcta estima. Un método frecuente para medir la velocidad y que es bastante útil, consiste en lanzar al agua, un objeto cualquiera flotante, por la proa, y anotar el tiempo empleado por la embarcación en pasarlo, lo cual lógicamente debe tenerse marcado a lo largo de la borda una distancia determinada. Esta distancia medida debe ser lo más larga posible. Una longitud de uso fácil es 25 pies, como también 16,7 pies, 20 o 10. Es aconsejable la longitud cuociente de 100 pies, dando números enteros de tiempo.

Si una embarcación navega a razón de 100 pies por minuto, se mueve a una velocidad de un nudo. Si la Longitud marcada en el bote es de 25 pies y se lanza un objeto por la marca delantera y demora 15 segundos para llegar a la otra marca quiere decir que el bote lleva un andar de 1 nudo por que:

$$V = \frac{D}{T} = \frac{\text{Pies} \times 60 \times 60}{T (\text{segs.}) \times 6080}$$

$$= \frac{25 \times 60 \times 60}{15 \times 6080} = 1 \text{ nudo}$$

Si el mismo recorrido lo hace en 7,5 segundos, el andar del bote es de 2 nudos, y en 3 segundos, si es de 3 nudos.

Si la distancia medida es de 16,7 pies tendríamos un tiempo de 10 segundos para un andar de un nudo, 5 segundos para un andar de 2 nudos y 2,5 para 3 nudos, etc.

Lo más práctico es tener confeccionada una tabla o curva de velocidad y tiempo.

La velocidad así determinada es con relación al agua y no al fondo.

Es muy posible que no se disponga de muchos objetos para lanzar al agua, por ello es conveniente amarrarle a una cuerda liviana y de longitud suficiente para que durante la medición no sea remolcada por el bote y recuperar el objeto una vez utilizado.

Suponiendo que se careciera de reloj para medir el tiempo, puede improvisarse un péndulo, añadiendo cualquier peso a una cuerda. Si el péndulo tiene una longitud de 9,8 pulgadas hasta el centro del peso, la oscilación o período (ida y vuelta) será de un segundo. Si el largo es de 39.1 pulgadas el período es de 2 segundos.

#### 17.10 MEDICION DE ALTURAS DE ASTROS.

Si hay un sextante el problema está resuelto, puesto que su uso es conocido y ha sido tratado en este mismo manual. Mas, no hemos visto hasta el momento, otra manera de tomar altura de astro cuando carecemos de este importante instrumento, como es el caso que puede suceder en un bote salvavidas, donde será necesario que sepamos otros métodos para tomar alturas de astros; que si bien es cierto, no dan la exactitud y aproximación de un sextante, pero son de gran ayuda en una emergencia. A continuación indicaremos algunos métodos.

##### A) TRANSPORTADOR.

Un transportador, una "Rosa de Maniobra" pegada a un tablero, un "círculo" o "semicírculo graduado" pueden utilizarse de varias maneras.

En la figura 17.10-a, tenemos un "transportador" el que en la mitad de su base AB tiene un orificio por el que se pasa y afirma el extremo de un pequeño cordel, al mismo tiempo que en el otro extremo se afirma un pequeño peso.

El observador mira a lo largo del borde recto de la base AB del transportador en la dirección del astro, mientras un ayudante lee en la escala en el punto en que el cordel la corta. Esta lectura es la "distancia zenital" del astro, si el transportador está graduado en la forma que está en la figura, luego la altura instrumental será  $90 - Dz$ , en el caso de la figura  $Ai = 90^\circ - 62^\circ = 28^\circ$ . Lo aproximado del método indica que deben hacerse varias lecturas y tomar la media de ellas. Al usarse este método con el Sol, deberá protegerse en forma adecuada previamente la vista.

Otro método para medir la altura del astro con el transportador es el que se indica en la figura 17.10-b. En el centro de curvatura, donde está hecha firme la cuerda con el peso, se coloca un pasador, o algo análogo que haga las veces de "estilo" o "Pínula". El transportador se sostiene vertical y con su lado base horizontal, lo que se consigue manteniendo el cordel en la graduación  $90^\circ$ . Si en estas condiciones, desplazamos un objeto delgado tal como un alfiler, punta de lápiz, etc. a lo largo de la escala hasta que dicho objeto delgado y el pasador del centro se hallen en una misma línea con el astro; éste estará en la dirección AB y la lectura que leamos será la

altura del astro. En el caso de la figura 17.10-b es aproximadamente  $48^\circ$ . No use este método con el Sol si no puede defender su vista.

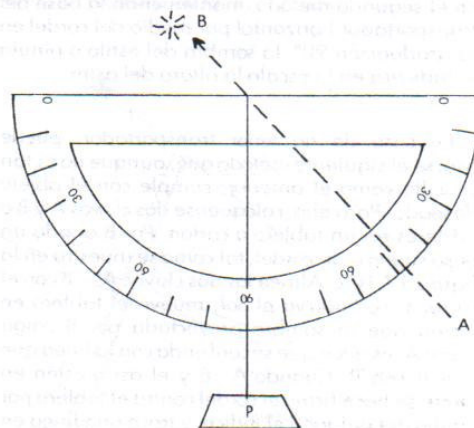


Fig. 17.10-b

Cualquiera de los métodos anteriormente indicados, pueden usarse con respecto al Sol, si previamente se coloca un pasador, o se le instala un estilo o pínula de suficiente longitud, en el centro de curvatura del transportador y que sea perpen-

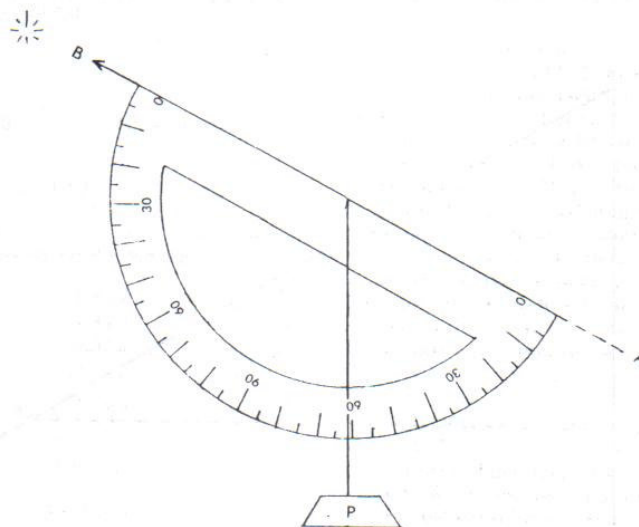


Fig. 17.10-a



dicular a la base de éste. En el primer método habrá que dejar la sombra del estilo o pínula en la graduación cero y, la cuerda con el peso le quedará indicando la distancia zenital del astro. En el segundo método, manteniendo la base del transportador horizontal por medio del cordel en la graduación  $90^\circ$ , la sombra del estilo o pínula le indicará en la escala la altura del astro.

En caso de no tener transportador, puede usarse el siguiente método que, aunque no es tan sencillo como el anterior, cumple con el objeto deseado. Para ello, colóquense dos clavos A y B o alfileres en un tablero o cartón. Por B añada un peso sujeto a un cordel, tal como se muestra en la figura 17.10-c. Alinee los dos clavos A - B con el astro; si se observa el Sol, mueva el tablero en forma que la sombra proyectada por B caiga sobre A; es decir que se confunda con la línea que une A con B. Cuando A-B y el astro estén en línea, se hace firme el cordel contra el tablero por medio del pulgar y el índice, y trace una línea en su reemplazo. Desde el punto "A" trace una perpendicular a la línea que reemplaza la cuerda, determinando el punto C. Con esto, puede utilizarse la Tabla de Estima para determinar el ángulo B-A-C (altura del astro), entrando en la columna diferencia de Latitud (l) con el valor del largo B-C, o en la columna del apartamiento (ap) con el valor de A-C. En cada caso la medida

viene dada en unidades de A-B; es decir, si A-B tiene diez pulgadas, la longitud de B-C o de A-C; se divide por 10 antes de entrar a la Tabla. Un método más sencillo es el de dividir A-C por B-C, haciendo uso de la Tabla "C" que sigue, entrando en la columna L/H con el valor AC/BC.

#### LONGITUD DE LA SOMBRA.

Un método sencillo de determinar la altura del Sol, es valiéndose de la Longitud de la sombra que proyecte un estilo o pínula que sea perpendicular a una superficie y esta superficie sea a su vez horizontal.

Una manera práctica de hacerlo es, fijando un clavo u otro objeto aguzado perpendicular a un pequeño tablero, haciéndolo flotar dentro del agua que contenga un balde o cualquier otro receptáculo. El objeto de hacerlo flotar es para que el tablero se mantenga en la horizontal. La punta del objeto que se usa como estilo o pínula, debe ser bien puntuda para obtener resultados más exactos. Si se usa un clavo, martíllelo en el medio del tablero y luego invierta el tablero. Se mide prolijamente la longitud de la sombra por él producida. Enseguida se hace girar el tablero  $180^\circ$  en azimut y se vuelve a medir. Se divide el promedio de las dos lecturas obtenidas por la altura del clavo, con el resultado se entra a la Tabla "C" siguiente para encontrar la altura.

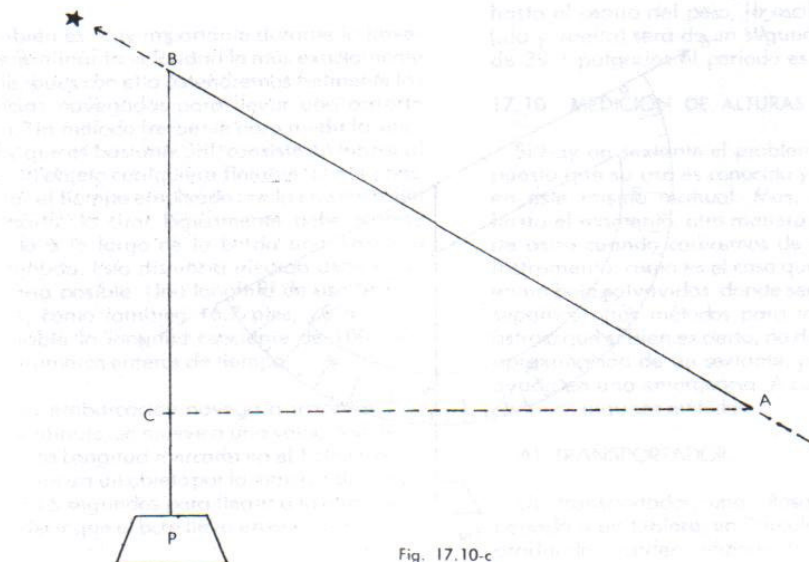


Fig. 17.10-c

TABLA C

| Ao  | L/H    |
|-----|--------|
| 5°  | 11.430 |
| 10° | 5.671  |
| 15° | 3.732  |
| 20° | 2.747  |
| 25° | 2.145  |
| 30° | 1.732  |
| 35° | 1.428  |
| 40° | 1.192  |
| 45° | 1.000  |
| 50° | 0.839  |
| 55° | 0.700  |
| 60° | 0.577  |
| 65° | 0.466  |
| 70° | 0.364  |
| 75° | 0.268  |
| 80° | 0.176  |
| 85° | 0.087  |
| 90° | 0.000  |

L = Longitud de la sombra.  
H = Altura del estilo.

## EJEMPLO.

El largo de la sombra de un clavo es de 6,3 pulgadas y la altura del mismo es 4 pulgadas; ¿Cuál es la altura del Sol?

## SOLUCION.

$$L = 6,3 \quad H = 4,0$$

$$L/H = \frac{6,3}{4} = 1,575$$

Interpolando en la Tabla tendremos:

|     |     |       |       |
|-----|-----|-------|-------|
|     | 30° | 1.732 | 1.732 |
|     | 35° | 1.428 | 1.575 |
| dif | 5°  | 0.304 | 0.157 |
|     | X   | 0.157 |       |

$$\text{corrección } X = \frac{5 \times 0.157}{0.304} = +2^{\circ},6$$

$$\begin{aligned} A &= 30^{\circ},0 \\ co &= + 2^{\circ},6 \\ Ao &= 32^{\circ},6 \end{aligned}$$

## METODO DE LA CRUZ GEOMETRICA.

Si se dispone de dos varillas se podrá confeccionar una "Ballestilla" o "Cruz Geométrica", tal como se muestra en la fig. 17.10-d

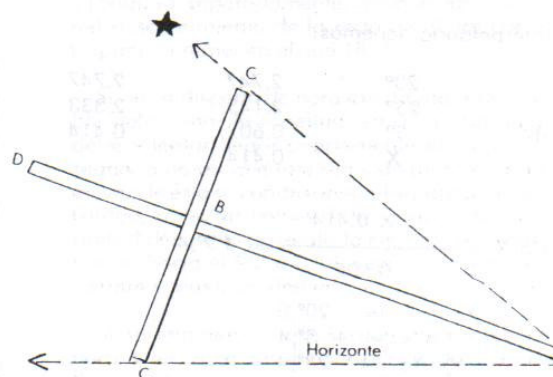


Fig. 17.10-d

AD es una varilla afilada en el extremo A. CC' es otra varilla ranurada en el centro de manera que corre libremente en sentido perpendicular a la AD. La ranura debe estar en el centro de BC BC'.

Para hacer una observación, sosténgase el instrumento en una posición aproximada como la mostrada en la figura y, colocando el ojo en A, muévase ahora el brazo CC' a lo largo de la varilla larga AD, hasta que el punto C' aparezca en la línea con el horizonte y C esté alineado con el cuerpo celeste. Sosténgase el brazo CC' en esta posición y midase AB. Divídase esta longitud por la mitad del largo del brazo móvil; es decir, divide AB por BC. Con este dato se entra en la misma Tabla anterior y se encontrará el valor de la mitad de la altura; multiplíquese este ángulo por dos para determinar la altura del astro.

## EJEMPLO:

La mitad del largo del brazo móvil de una cruz geométrica es de 6 pulgadas. Cuando ésta se encuentra en línea con el horizonte y un astro el brazo móvil se encuentra a 14 pulgadas del ojo del observador. ¿Cuál es la altura del Sol?



## SOLUCION:

$$AB/BC = \frac{14}{6} = 2,333$$

Interpolando tenemos:

|     |     |       |       |
|-----|-----|-------|-------|
|     | 20° | 2.747 | 2.747 |
|     | 25° | 2.145 | 2.333 |
| dif | 5°  | 0.602 | 0.414 |
|     | X   | 0.414 |       |

$$\text{Co X} = \frac{5 \times 0,414}{0,602} = +3^{\circ},4$$

$$A = 20^{\circ},0$$

$$\text{Co x} = + 3^{\circ},4$$

$$\frac{1}{2} \text{ Ao} = 23^{\circ},4$$

$$\text{Ao} = 46^{\circ},8$$

La interpolación en esta Tabla no es altamente exacta especialmente para ángulos pequeños y cuando se multiplica el ángulo por dos, el error es también duplicado. Para obtener mejores resultados, es mejor observar ángulos grandes y, de ser posible, hacer observaciones de varios astros y emplear los valores más cercanos que aparecen en la Tabla.

Como el largo del brazo móvil es constante, la proporción AB/BC depende únicamente de su longitud, por lo tanto, es posible hacer una escala a lo largo del brazo AD graduada directamente en alturas. Para hallar las distancias de la escala, multiplíquese los valores tabulados de L/H por la mitad del brazo móvil, o sea, BC, multiplicando luego, los ángulos que resultan por 2 para determinar las alturas. Como los valores de L/H son cotangentes de los ángulos que aparecen en la escala, se puede hacer ésta con cualquier inter-

valo deseado si se dispone de una Tabla de cotangentes. También puede hacerse con un transportador, esto es mejor hacerlo por un dibujo o escala como en la figura 17.10-e.

Trácese dos líneas paralelas a una distancia igual a BC (Fig. 17.10-d y 17.10-e). Desde el punto M, trácense varias líneas que formen ángulo con la línea MN, marcándose las intersecciones de estas líneas con la paralela superior de modo que los rótulos sean el doble del valor real de los ángulos. La distancia de cada intersección hasta "A" punto perpendicular a "M" será igual a la distancia desde el extremo afilado, A, de la cruz (fig. 17.10-d), hasta una distancia igualmente rotulada. Con una cruz geométrica o ballestilla graduada en esta forma, se obtienen las alturas directamente del instrumento. Siempre mida la altura de un astro por cualquier método que conozca. No se limite a estimar a ojo una altura, pues siempre la apreciación será menos exacta que la medición, por pobre que sea el sistema que se use en dicha medición.

## 17.11 CORRECCION DE LA ALTURA OBSERVADA.

Si se toman las alturas a partir del horizonte visible o de la mar, se corregirán del modo usual explicado en el capítulo correspondiente.

Las alturas del Sol deberán ser corregidas por refracción, semidiámetro medio y depresión del horizonte. Si se usa un peso para determinar la vertical o se emplea método de medir por sombra, no se hace corrección por depresión del horizonte. Si se mide la altura del Sol por medio de la sombra que produce el mismo, ya sea midiendo el largo de su sombra o siguiendo su sombra a través de otro pasador, o sobre la escala graduada, es el mismo centro del Sol lo que se observa y por lo tanto no se necesita hacer corrección por semidiámetro. Las alturas de estrellas deben corregirse por refracción y depresión.

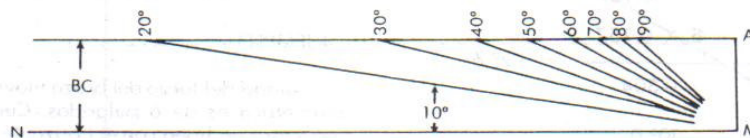


Figura 17.10-e

Las correcciones aproximadas para alturas observadas pueden hallarse como sigue:

| Altura obs. | Correc. |
|-------------|---------|
| 5°          | 9'      |
| 6°          | 8'      |
| 7°          | 7'      |
| 8°          | 6'      |
| 10°         | 5'      |
| 12°         | 4'      |
| 15°         | 3'      |
| 21°         | 2'      |
| 33°         | 1'      |
| 63°         | 0'      |
| 90°         | —       |

#### REFRACCION.

La Tabla típica de valores críticos que se muestra, provee las correcciones por refracción de 5° a 90°. Si se emplean métodos aproximados de observar alturas puede tomarse como suficiente precisión el aplicar estas correcciones con aproximación de 0°, 1. Para este propósito, se puede considerar que las alturas mayores de 20° no tienen corrección y aquellas entre 6° y los 20° tienen una corrección 0°, 1. La corrección es siempre negativa y debe aplicarse a las observaciones de todos los astros sin tener en cuenta el método usado.

#### SEMIDIAMETRO MEDIO.

El semidiámetro medio del Sol es 16' y el valor real no difiere de esta cantidad más de 0', 3. Si se observa el limbo inferior la corrección es (+) y si es el superior será (-).

#### DEPRESION DEL HORIZONTE.

La corrección por depresión del horizonte en minutos de arco, es igual a la raíz cuadrada de la altura del ojo del observador en pies, considerada así con suficiente aproximación para uso en botes salvavidas. Esta corrección se aplica para todos los astros, siempre que se use como referencia el horizonte de la mar y será siempre negativa (-).

#### PARALAJE.

No se harán correcciones por paralaje, a no ser que se observe la Luna, porque sería muy pequeña para ser considerada en navegación de botes salvavidas cuando se observe cualquier otro astro.

### 17.12 LINEAS DE POSICION.

Si hay Tablas disponibles para el cálculo de alturas calculadas (Ac), se trabajarán las líneas de posición o rectas de alturas según se explicó en el capítulo correspondiente; sin embargo, si no hay Tablas a mano, se determinará la Latitud y Longitud, separadamente, como se hacía antes del descubrimiento de la recta de altura por el Capitán Summer en el año 1837.

Si no se dispone de hora exacta, no será posible determinar la Longitud, en cuyo caso no se debe intentar llegar directamente al punto deseado, a no ser que éste sea todo un continente; en vez de esto se pondrá un rumbo para ganar en Latitud, como ya hemos dicho, y una vez en la Latitud del punto de recalada elegido, se pondrá rumbo hacia el 90° o 270°, según donde se encuentre el punto de destino.

Si se emplea un reloj común para medir la hora y el viaje resulta largo, la medida del tiempo será de dudosa precisión hacia el final del mismo. Si el reloj tiene un error de un minuto, el error en Longitud será de 15'.

Si el punto de destino es una isla pequeña, deberá ponerse el rumbo en un punto de 50 a 100 millas o más, según sea el máximo razonable de error en la hora, hacia el Este o Oeste. Al hacerse esta estimación considere grandes errores en la marcha del reloj, a no ser que la embarcación cuente con algún receptor de radio que lo permita escuchar señales horarias.

### 17.13 DETERMINACION DE LA LATITUD.

La Latitud puede determinarse en el Hemisferio Norte por medio de la altura de la estrella Polar y en cualquier Latitud por medio de alturas meridianas.

#### LATITUD POR LA POLAR.

Si no se tiene Tabla de correcciones para la estrella Polar, dicha corrección puede estimarse de la manera siguiente: Una línea que pase a través de la Polar y el Polo Norte Celeste, al prolongarse, pasa entre E Cassiopeia y Ruckbah (las dos estrellas del extremo izquierdo de Cassiopeia cuando ésta aparece como una W) a un lado, y Alkaid y Mizar (las dos últimas estrellas en la cola de la Osa Menor) al otro. En ambas constelaciones son estas las estrellas guías en el movimiento (en sentido contrario al reloj) en torno del polo. La estrella Polar se encuentra al lado del Polo hacia Cassiopeia. La corrección depende sólo del ángulo que forma esta línea con



la vertical. La Tabla que viene a continuación proporciona la corrección. Si Cassiopeia se encuentra sobre la estrella Polar las correcciones son negativas (-); si la Osa Menor se halla sobre la Polar, la corrección es positiva (+).

| Angulo | Correc. |
|--------|---------|
| 0°     | —       |
| 14°    | 1°,0    |
| 30°    | 0°,9    |
| 40°    | 0°,8    |
| 48°    | 0°,7    |
| 56°    | 0°,6    |
| 62°    | 0°,5    |
| 69°    | 0°,4    |
| 75°    | 0°,3    |
| 81°    | 0°,2    |
| 87°    | 0°,1    |
| 90°    | 0°,0    |

En la figura 17.13-a el ángulo es de 40° y de acuerdo con la Tabla, la corrección es 0°,8. Dado que Cassiopeia se encuentra sobre la Polar la corrección es -0°,8.

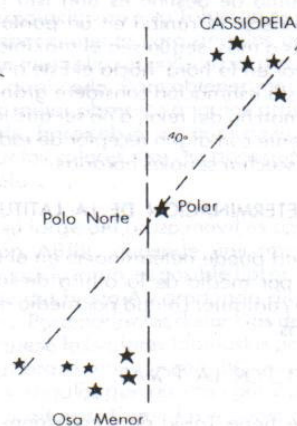


Figura 17.13-a

#### ALTURA MERIDIANA.

A la velocidad de un bote salvavidas se obtienen los mejores resultados al determinar la Latitud por altura meridiana, observando la altura mayor posible. Para esto, se debería hacer un cierto número de observaciones antes y después del paso por el meridiano. Si se tiene papel cuadrículado, se hace un ploteo de la altura con la hora y se traza una curva a través de los puntos.

En la figura 17.13-b, se muestra una curva típica. Aunque la mayor altura observada es de 40°, se ha encontrado que la altura meridiana es 39° 58'. Para esta curva las aproximaciones se hicieron hasta 0°,1 a intervalos de cinco minutos. Si se prefiere se pueden tomar las alturas a intervalos mayores, cada media hora durante todo el día.

En un lugar fijo, la curva debe ser simétrica antes y después del paso. A la velocidad de un bote, debe ser aproximadamente simétrica. La altura mayor es independiente de la hora, el cual se usa solamente para espaciar las observaciones. Si no se tiene hora, pueden hacerse las observaciones a cualquier intervalo deseado. Se puede medir intervalos aproximadamente iguales, usando un péndulo como ya descrito en este capítulo o contando una velocidad pareja.

También puede determinarse la Latitud por duración de la luz del día tal como se describe en el párrafo 17.15.

#### 17.14 DETERMINAR LA DECLINACIÓN DEL SOL.

Si no se dispone de medios para calcular la declinación del sol, su valor aproximado puede determinarse como sigue.

Trace un círculo, lo más grande posible, y trázcele sus diámetros horizontal y vertical. Fig. 17.14. En el extremo horizontal izquierdo marque el 21 de Marzo y en el derecho 23 de Septiembre. En el extremo superior del diámetro vertical marque 22 de Junio y en el inferior 22 de Diciembre. Divídase cada cuadrante en un número de espacios igual al número de días comprendidos entre las fechas extremas. Divídase el radio vertical en 23,45 unidades lineales con el cero en el centro del círculo; positivo arriba y negativo abajo. Para hallar la declinación trázcese una línea horizontal desde la marca del día de la fecha hasta el diámetro vertical y léase la declinación en grados. Véase la figura 17.14. Una rosa de maniobra es conveniente para este propósito; si se usa esta última, considérese el radio como uno y multiplique la lectura que obtenga por 23,45 para determinar la declinación. El máximo de error de este método es alrededor de medio grado, no muy bueno, pero es mejor que no tener nada en absoluto.

La declinación se puede calcular también por medio de las Tablas de estima del modo siguiente:

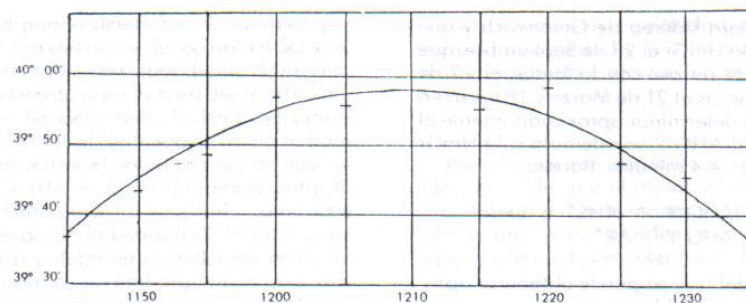


Figura 17.13-b

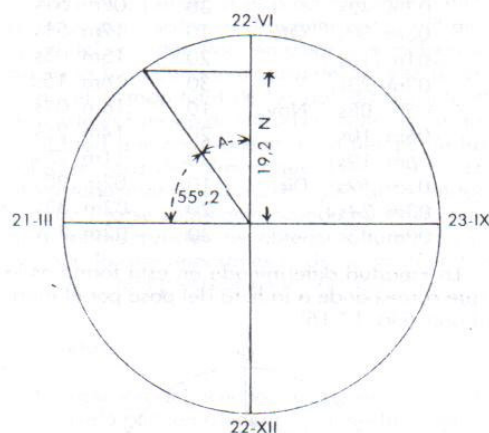


Figura 17.14

Se determina el valor del ángulo "A" comprendido entre el radio del solsticio más próximo y el día de la fecha (22 de Junio o de Diciembre). Se entra en la Tabla de estima con ese valor como el rumbo, y con una distancia igual a la unidad, y se obtiene "I". Multiplíquese este valor de "I" por 23,45 y se obtendrá el valor de la declinación en grados. Para determinar el ángulo "A", se calcula el número de días del cuadrante en cuestión y el número de días entre la fecha y el solsticio más cercano y se divide este último por el primero, multiplicándose el resultado por 90°. Por ejemplo, en la figura 17.14 hay 93 días entre el 21 de Marzo y el 22 de Junio y 36 días desde el 17 de Mayo al 22 de Junio y 36 días desde el 17 de Mayo al 22 de Junio, luego:

$$A = \frac{36}{93} \times 90^\circ = 34^\circ,8$$

De la Tabla de estima saca el valor de  $I = 0,82$ . Entonces la declinación es:

$$D = 0,82 \times 23^\circ,45 = 19^\circ,2 \text{ N.}$$

#### 17.15 DETERMINACION DE LA LONGITUD.

En la figura 17.13-b, el punto más alto de la curva representa el paso por el meridiano. Se podrá notar que esa hora es 12.10; en este momento el Sol se encuentra a la misma distancia del meridiano de Greenwich que el observador; si se tiene hora exacta se podrá determinar la HmGr del paso del Sol por el meridiano del lugar y si se cuenta con una Tabla de AHG del Sol, o si se conoce la Ecuación del Tiempo, se podrá determinar la Longitud.

Para determinar la hora del paso por el meridiano, es mejor escoger dos puntos de la curva en los cuales la altura sea la misma y se tomen las horas de cada uno de ellas. La hora del paso será el promedio de ambas. Este método sirve para cualquier astro y no es necesario hacer una curva; sólo se necesitan dos alturas iguales con la hora de observación de cada una. Si la diferencia de hora entre ambas es grande debe considerarse la navegado entre cada observación.

Si no hay modo de tomar alturas, tómese la hora en que el astro tiene una marcación verdadera de  $000^\circ$  o  $180^\circ$ .

Si se emplea una estrella, es necesario tener el AHGr\*. Esta se puede determinar si se conoce el AHS\* o la AR\*. Sabiendo que siempre el AHGr  $\mp$



es igual a la Hora sidérea de Greenwich y que ésta es igual a la HmGr el 23 de Septiembre; que tiene 6 horas de retraso con la HmGr el 22 de Diciembre; 12 horas el 21 de Marzo y 18 horas en Junio podemos determinar aproximadamente el AHG\* ya que el AHG\* se adelanta a la HmGr aproximadamente 4 minutos diarios.

$$\text{El AHG}^* = \text{AHG}^{\text{T}} + \text{AHS}^* \text{ o bien} \\ \text{AHG}^* = \text{AHG}^{\text{T}} - \text{AR}^*$$

La ecuación del tiempo puede obtenerse aproximadamente de la Tabla siguiente:

| Fecha    | Et       | Fecha   | Et       | Fecha   | Et       |
|----------|----------|---------|----------|---------|----------|
| Enero 10 | -07m 29s | Mayo 10 | +03m 41s | Sep. 10 | +02m 53s |
| 20       | 11m 02s  | 20      | 03m 39s  | 20      | 06m 25s  |
| 30       | 13m 21s  | 30      | 02m 42s  | 30      | 09m 51s  |
| Feb. 10  | 14m 21s  | Jun. 10 | 00m 50s  | Otc. 10 | 12m 51s  |
| 20       | 13m 53s  | 20      | -01m 16s | 20      | 15m 05s  |
| 28       | 12m 43s  | 30      | 03m 23s  | 30      | 16m 15s  |
| Mar. 10  | 10m 30s  | Jul. 10 | 05m 08s  | Nov. 10 | 16m 04s  |
| 20       | 07m 41s  | 20      | 06m 10s  | 20      | 14m 25s  |
| 30       | 04m 39s  | 30      | 06m 19s  | 30      | 11m 25s  |
| Abr. 10  | 01m 27s  | Ago. 10 | 05m 19s  | Dic. 10 | 07m 20s  |
| 20       | +01m 01s | 20      | 03m 24s  | 20      | 02m 33s  |
| 30       | 02m 47s  | 30      | 00m 43s  | 30      | -02m 25s |

Los datos e interpolación en esta Tabla no producen resultados muy exactos a causa de la variación desigual de la Ecuación del Tiempo de año en año y también la declinación, cuyos valores se repiten cada cuatro años. Esta Tabla debe usarse sólo en caso que no se disponga de Almanaque Náutico.

#### EJEMPLO:

El 15 de Julio la altura del Sol es de 30° a la Hzl = 11h 21m 14s la misma altura a la Hzl = 12h 06m 32s Zh = +9. ¿Cuál es la Longitud, usando la Tabla anterior?

|            |      |       |       |
|------------|------|-------|-------|
| Hzl =      | 11h  | 21m   | 14s   |
| Hzl =      | 12   | 06    | 32    |
| Suma =     | 23   | 27    | 46    |
| Hzl med. = | 11   | 43    | 53    |
| Zh =       | 09   | 00    | 00    |
| HmGr =     | 20   | 43    | 53    |
| Et =       | -    | 05    | 39    |
| HvGr =     | 20   | 38    | 14    |
| -12 =      | 12   | 00    | 00    |
| G =        | 08h  | 38m   | 14s W |
| Go =       | 129° | 33',5 | W     |

La longitud determinada en esta forma es la que corresponde a la hora del paso por el meridiano. (Fig. 17.15).

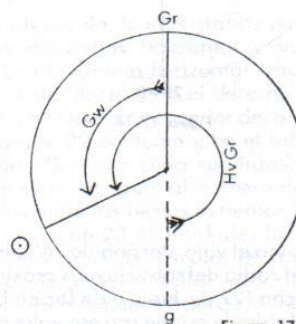


Figura 17.15

Si se terminara la cuerda al único reloj disponible, se puede echar andar nuevamente a la hora bastante aproximada, haciendo el problema anterior al revés; esto es, se comienza con la longitud más aproximada que se tenga y se determina la HvGr, luego la HmGr y finalmente la Hzl, poniendo el reloj de acuerdo con esta última hora; téngase cuidado de hacer esto en la primera oportunidad después de haberse parado el reloj, mientras todavía se disponga de una situación aproximada razonablemente buena.

La longitud puede determinarse también por medio de la hora del orto y del ocaso del Sol si se dispone de una tabla correspondiente. El proceso es similar al descrito para la hora del tránsito por el meridiano. Se determina la Hml del orto u ocaso del Sol en la tabla; luego se anota la hora exacta en que ocurre el orto u ocaso y de aquí se saca la HmGr ( $H_z + Z$ ); la diferencia entre la HmGr y la Hml dará la longitud. Como este proceso depende de la bondad de la latitud, no es muy preciso y debe ser considerado como un método secundario; sin embargo tiene una ventaja de que no necesita más equipo que un reloj y una tabla de orto y ocaso.

También puede determinarse la latitud por este método, pero aún con menos exactitud. Próximo a los equinoccios es prácticamente inútil y de muy poco valor en cualquier época del año cerca del ecuador. Para emplear este método se anota la hora del orto u ocaso del Sol y se determina el tiempo total de luz habida durante el día; este es función de latitud en cualquier fecha. La latitud que corresponde a ese tiempo de luz solar se saca del almanaque. Este es, tal vez, el método menos exacto de calcular la latitud y debe usarse solamente cuando no exista ningún medio preciso de obtener alturas. En el método lo que importa es la duración de la luz del día y no la precisión de la hora del reloj.

#### VARIOS.

La posición del ecuador celeste está indicada en el cielo por cualquier astro de declinación  $0^\circ$ . La declinación cero del Sol corresponde aproximadamente el 21 de Marzo y 23 de Septiembre. La estrella delta del orión (la más al norte del cinturón del orión) está casi en el Ecuador celeste e indica el punto Este aproximado del horizonte en su orto y el Weste en su ocaso, en cualquier latitud.

Un círculo máximo que pasa a través de la Polar, (caph la estrella más adelantada de Cassiopeia) y el lado Este del cuadrado de Pegaso (Alpheratz y Algenib) representa aproximadamente el círculo horario del punto Vernal (Aries). El ángulo horario de este círculo es el AH $\Upsilon$  que también puede determinarse en forma aproximada, conociendo que en el equinoccio de otoño, alrededor del 23 de Septiembre el AH $\Upsilon$  y Hml son iguales. Después de esta fecha cada medio mes el AH $\Upsilon$  se adelanta una hora sobre la Hml, de aquí que el 15 de Enero el AH $\Upsilon$  sea aproximadamente 7 horas 30 minutos mayor que la Hml.

Dele cuerda con regularidad al reloj, protéjalo contra la humedad y el calor excesivo. Un estuche impermeable será un lugar para guardar el reloj.

Para lograr ser rescatado lo más pronto posible, recuerde que el metal refleja mejor las ondas del radar que la madera y que mientras más alto se encuentra un reflector, mayor será la distancia a la cual podrá ser captado.

Si existe la posibilidad de que aviones o buques equipados con radar se encuentran buscando su bote salvavidas, trate de instalar alguna lámina o plancha metálica de forma angular para facilitar la detección en el radar de los aviones en rebusca.

Es conveniente antes de poner rumbo a otro lugar, estudiar bien la situación y la posibilidad de que el rescate sea más factible en las vecindades donde ocurrió el accidente.

Los tripulantes deben mantenerse lo más protegido posible de la exposición directa a los rayos solares, para evitar quemaduras, deshidratación, infección de los ojos o cansancio de la vista.

En el bote debe trabajarse en conjunto, mantenerse una moral alta, una buena vigilancia al exterior para no dejar pasar ninguna posibilidad de ser rescatado y hacer uso de toda información y ayuda posible.

Mientras exista una posibilidad, por pequeña que sea, de tener que abandonar un buque, será buena medida estar siempre preparado para ello. Será demasiado tarde hacerlo cuando se de la orden de abandonar el buque.

Una de las cosas esenciales para la preparación es el conocimiento de los fundamentos. Prácticamente toda la información dada en este capítulo consiste en la aplicación de los fundamentos.

Finalmente, no debe olvidarse que la aproximación a tierra puede ser advertida por signos muy característicos, como por ejemplo: presencia de aves y pájaros, tipos de olas y su dirección, color del mar, sonidos, etc.



## CAPITULO XVIII

### TEORIA DEL GIROCOMPAS

**Definición, ventajas y desventajas - Giroscopio elemental - Rigidez, Precesión y Rotación Aparente - Fuerzas lineales, angulares y combinadas - Propiedades del Girocompás y orientación Errores y su corrección.**

#### 18.00 DEFINICION.

El girocompás es un instrumento físico que tiene la propiedad de orientarse en dirección Norte - Sur geográfica y permanecer orientado, bajo la influencia combinada de la rotación de la tierra, de la gravedad y de las propiedades giroscópicas (rigidez y precesión).

Para su uso en navegación, sus indicaciones se transmiten a una Rosa Magistral y por medio de circuitos eléctricos, a una serie de repetidores.

Por lo tanto, sobre él no actúa el magnetismo terrestre, ni el del buque como en los compases magnéticos y su orientación se obtiene de la aplicación de fenómenos puramente mecánicos.

El origen del girocompás, fue el giroscopio, y el origen de éste el trompo.

#### 18.01 VENTAJAS DEL GIROCOMPAS SOBRE EL COMPAS MAGNETICO.

1) Un compás magnético es poco menos que inútil en una torre de combate o en cualquier sitio rodeado de grandes masas magnéticas o de circuitos eléctricos, pues estos modifican la acción del magnetismo terrestre, por bien compensado que esté el compás.

En estos casos el girocompás es el único que puede dar indicaciones seguras.

2) Tiene estabilidad y sensibilidad muy superiores al compás magnético, no presentando oscilaciones en los balances, lo que se traduce en absoluta seguridad en el rumbo y demarcaciones.

3) No lo afecta la escora.

4) De un girocompás puede obtenerse sus indicaciones por medio de los repetidores, en cualquier parte del buque.

5) Como consecuencia de su gran estabilidad, el uso de la caña para mantener el rumbo es más preciso y menos frecuente. Permite además, reemplazar el timonel por un gobierno automático y registrar gráficamente el rumbo navegado.

6) Indica el rumbo verdadero o geográfico, lo que excluye posibilidades de error de cálculo o trazado de rumbos y demarcaciones, ya que descarta la intervención de la variación magnética, que varía anualmente y difiere de un punto a otro.

7) La compensación mecánica es mucho más estable y definitiva que la magnética, por lo tanto sus indicaciones están menos expuestas a variaciones, que, por lo demás, son más fáciles de controlar.

8) El girocompás magistral, puede colocarse en cualquier parte del buque, sin atender a las condiciones del campo magnético.

9) En caso de existir desvío (error), este es constante para todas las proas, y por lo tanto, puede corregirse moviendo la línea de fe.

10) Gran fuerza directriz, la que disminuye hacia los polos en menor proporción que el compás magnético.

## 18.02 DESVENTAJAS DEL GIROCOMPAS.

- 1) Comparado con un compás magnético su instalación es cara.
- 2) Su manejo requiere más cuidado y personal preparado teórica y prácticamente.
- 3) Debido a su gran periodo de oscilación, necesita mucho tiempo para orientarse.
- 4) Está expuesto a fallas eléctricas.

## 18.03 FENOMENO ELEMENTAL DEL TROMPO

El eje de cualquier trompo, que baila en cualquier sentido, describe un cono, y el extremo superior del eje, un círculo alrededor de una vertical que pasa por el punto de apoyo del trompo.

El sentido del movimiento cónico del eje con respecto al sentido de rotación del trompo, depende de la posición del centro de gravedad con respecto al punto de apoyo.

Este movimiento también lo tiene el eje de la tierra, se llama "Precesión", y como veremos más adelante, se debe a la acción de la gravedad sobre la masa del trompo.

En la figura 18.03-a; veremos que si el centro de gravedad está sobre el punto del apoyo, el movimiento de precesión es en el mismo sentido que el de rotación.

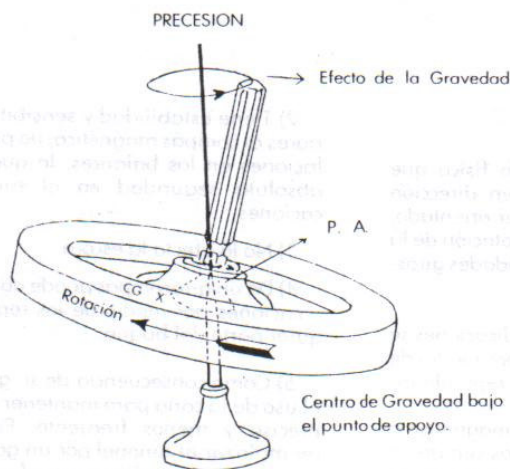


Figura 18.03-b

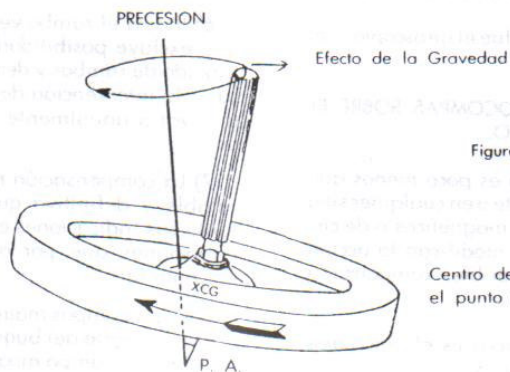


Figura 18.03-a



Si el centro de gravedad está debajo del punto de apoyo el movimiento de precesión es en el sentido contrario al de rotación (figura 18.03-b), se deduce por lógica que si el centro de gravedad coincide con el punto de apoyo, no hay precesión, y se explica, puesto que en tal condición el trompo estará en equilibrio indiferente, la gravedad actúa sobre su masa sin brazo de palanca, distancia del centro de gravedad al punto de apoyo igual a cero, luego no tiene momento ni producirá ningún efecto de precesión.

Un trompo construido y montado en tal forma que su centro de suspensión o punto de apoyo coincide con su centro de gravedad se llama "Giroscopio Elemental".

#### 18.04 GIROSCOPIO ELEMENTAL.

Además que su punto de apoyo o centro de suspensión coincida con su centro de gravedad, para que no presente precesión debido a la gravedad, debe estar montado en tal forma que su eje de rotación tenga libertad para poder colocarse en cualquier dirección del espacio y permanecer libremente en ella, para poder deducir las propiedades giroscópicas.

Si tenemos una rueda que pueda girar libremente alrededor de un eje que sea perpendicular a su plano, y si suspendemos este eje de sus dos extremos equidistantes del centro, tendremos ya el centro de suspensión de la rueda coincidiendo

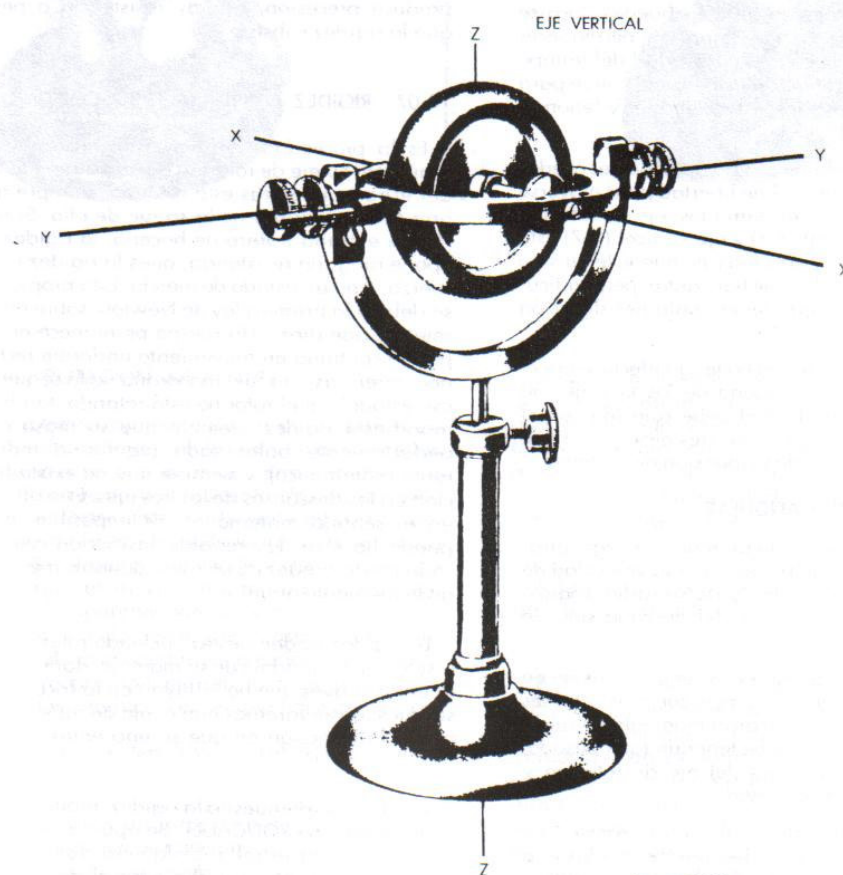


Figura 18.04

con su centro de gravedad y de giro. Ahora para que el eje pueda colocarse en cualquier dirección del espacio lo montamos en dos anillos de suspensión Cardán. Uno de ellos perpendicular al plano de la rueda, pudiendo girar libremente alrededor de un eje horizontal perpendicular al eje de la rueda; el otro anillo, vertical, para que pueda girar alrededor de su eje vertical. Así obtenemos las dos condiciones de construcción del giroscopio:

- 1) Libertad de su eje para colocarse en cualquier dirección del espacio y
- 2) Equilibrio indiferente de la masa con respecto a la gravedad terrestre.

Resumiendo: El giroscopio elemental puede definirse: "Es un trompo o cuerpo giratorio montado en tal forma que puede rotar libremente alrededor de su eje; que este eje puede colocarse en cualquier dirección del espacio y permanecer en ella, y que el centro de gravedad del trompo coincide con su centro de suspensión". Sirve para estudiar y demostrar las propiedades y fenómenos giroscópicos.

Un giroscopio como el descrito tiene tres grados de libertad, es decir, tiene libertad para moverse alrededor de tres ejes llamados: eje de rotación (X-X) eje horizontal (Y-Y) y eje vertical (Z-Z) este último (figura 18.04) es fijo y no puede tener sino la posición vertical. El eje horizontal, perpendicular al anterior puede tener cualquier dirección horizontal.

Para que la gravedad no tenga efecto sobre el rotor alrededor de ninguno de los tres ejes, el centro de gravedad de él debe coincidir con el punto de intersección de los tres ejes, punto que es a la vez el centro de suspensión del sistema.

#### 18.05 MOMENTO ANGULAR.

Se llama momento angular de un cuerpo giratorio, al producto de su masa por la velocidad de rotación y por el cuadrado de su radio. Lógicamente, su valor depende del de cada uno de estos factores.

Los fenómenos giroscópicos, se manifiestan en todo cuerpo giratorio libre, pero son más notables en aquellos que poseen gran momento angular. Luego, un giroscopio debe tener un rotor pesado, su masa dispuesta lejos del eje de rotación y debe girar a gran velocidad.

De acuerdo con estos principios se construyen todos los giroscopios, ya sea para experiencia o para aplicación práctica. Sólo varía el montaje según el objeto para que sean destinados.

#### 18.06 PROPIEDADES GIROSCÓPICAS.

Todos los fenómenos giroscópicos conocidos, se derivan de dos propiedades particulares del instrumento:

- a) RIGIDEZ o INERCIA.
- b) PRECESION.

Como veremos más adelante, la precesión provoca una resistencia o fuerza que se opone a cualquier movimiento en el sentido de las fuerzas extrañas que se apliquen a un giroscopio.

Es común el concepto erróneo, que tal resistencia es la rigidez misma. La rigidez no es fuerza ni resistencia que se oponga a nada, y la resistencia no es una propiedad independiente, sino una consecuencia de la precesión. Aún más, si no se produce precesión, no hay resistencia a pesar que la rigidez subsiste.

#### 18.07 RIGIDEZ O INERCIA GIROSCÓPICA.

Es la propiedad que tiene un giroscopio de mantener su eje de rotación en una dirección fija del espacio mientras está rotando, siempre que una fuerza extraña no la saque de ella. Si una fuerza extraña tratara de hacerlo, la rigidez no opone ninguna resistencia, pues la rigidez no es fuerza, sino un estado de inercia. Esta propiedad se debe a la primera ley de Newton sobre movimiento, que dice: "Un cuerpo permanece en reposo o continúa en movimiento uniforme rectilíneo, mientras una fuerza extraña no la saque de ese estado". Si el rotor no está rotando, también manifiesta rigidez, siempre que su masa esté perfectamente balanceada (equilibrio indiferente matemático), y siempre que no exista fricción en los descansos de los tres ejes. Esto último, en el sentido matemático, es imposible, pero puede hacerse despreciable la fricción comparada con la rigidez de un rotor, dándole a éste un gran momento angular.

La rigidez se demuestra haciendo rotar un giroscopio y tomándolo de su montaje, darle movimientos suaves que no influyan en la fricción de sus ejes, observaremos que el eje de rotación no altera la dirección en que se encuentra, figura 18.07.

También se demuestra la rigidez, repitiendo el experimento de FOUCAULT: Se apunta el eje de rotación a una estrella cualquiera. Este eje se mantendrá apuntado a ella a pesar de la rotación de la tierra.



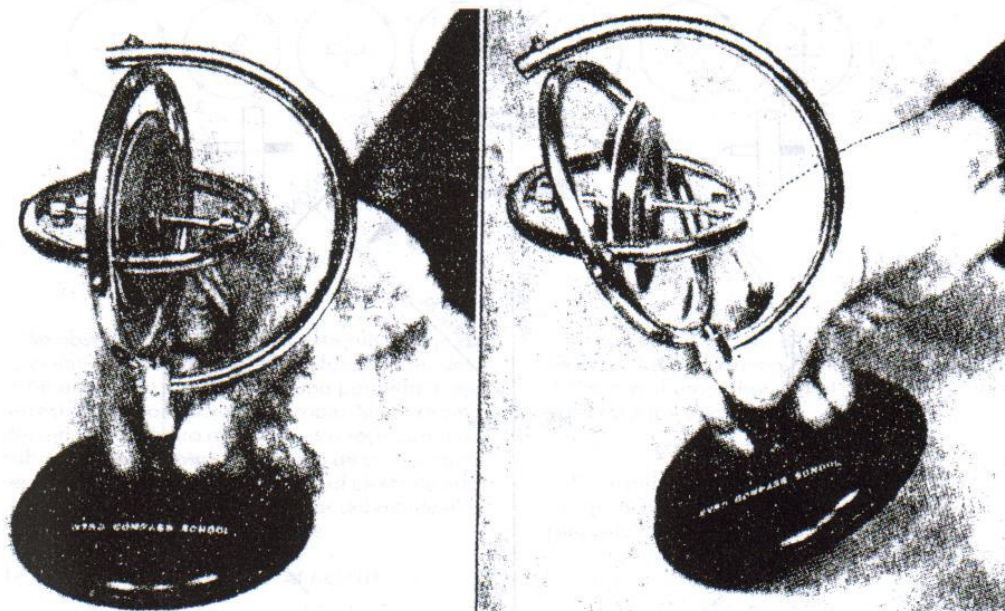


Figura 18.07

### 18.08 ROTACION APARENTE.

La rotación aparente de un giroscopio es un movimiento cónico circular de su eje, en sentido contrario a la rotación de la tierra, alrededor de una recta que pasa por su centro de giro, paralela al eje terrestre. Este movimiento es una consecuencia de la rigidez y de la rotación real de la tierra de Oeste a Este. Es decir, tiene la misma causa que el movimiento diurno de la esfera celeste. Es aparente porque no es el giroscopio el que gira, sino la tierra, y en consecuencia la superficie de ésta cambia de posición con respecto a la dirección del eje del giroscopio, aparentando que fuera este eje el que hace la rotación.

Lo anterior se demuestra con el experimento de Foucault:

Coloquemos un giroscopio en el Ecuador terrestre con su eje de rotación horizontal y dirigido de E a W, en un punto P, de la tierra (Figura 18.08-a).

A las tres horas, el punto P, debido a la rotación de la tierra, estará en P' y el eje del giroscopio, que debido a la rigidez se ha mantenido apuntado en la misma dirección que tomó en P, aparecerá inclinado con respecto a la horizontal del lugar. Es decir, ha levantado  $45^\circ$  el extremo de su eje que se dirige al Este.

A las seis horas, en el punto P'', el eje estará vertical con respecto a la superficie de la tierra.

A las doce horas, el eje estará nuevamente horizontal, pero invertido; es decir, estará hacia el E el extremo que en P estaba al W y vice-versa. Vemos que en 24 horas da una vuelta completa en sentido contrario a la rotación de la tierra, alrededor de una horizontal dirigida de Norte a Sur, paralela al eje de la tierra y sólo aparentemente con respecto a la tierra, pues es ésta la que ha girado y el eje del giroscopio se ha mantenido fijo en la dirección en que partió.

## ROTACION APARENTE

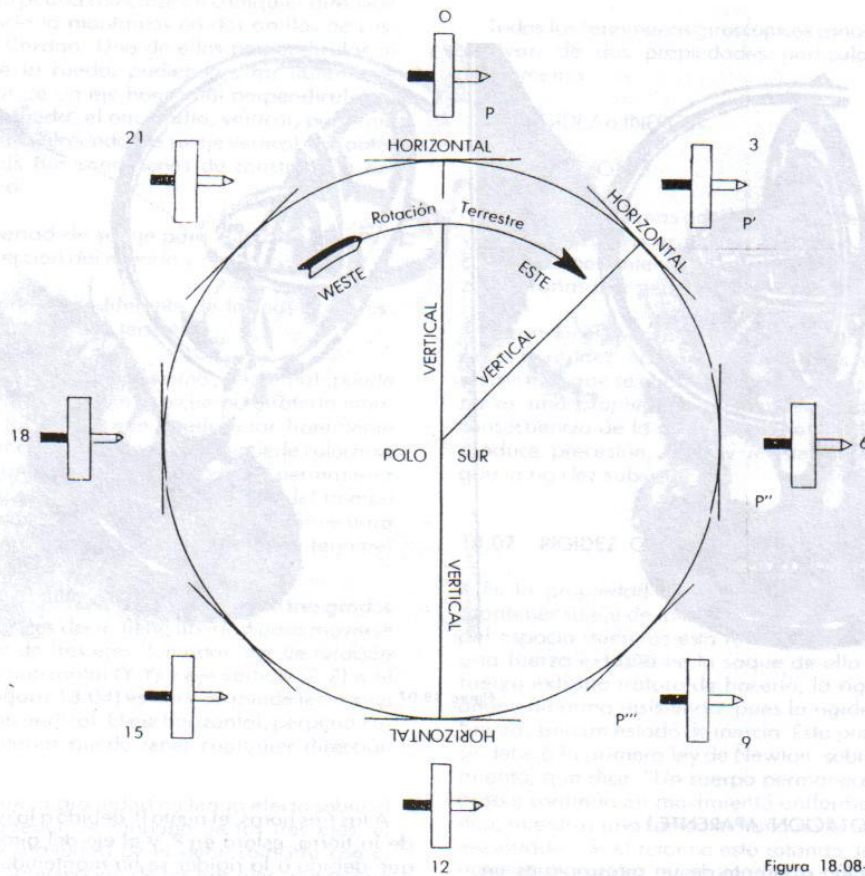


Figura 18.08-a

Veamos lo que pasa con un giroscopio en el Polo Norte con su eje horizontal en cualquier dirección (figura 18.08.b).

A las tres horas la tierra habrá girado  $45^\circ$  hacia el Este (sentido contrario a las agujas de un reloj en el Polo Norte). El eje del giroscopio que mantiene su dirección original, aparecerá como girado  $45^\circ$  al Oeste (mismo sentido de las agujas de un reloj) con respecto a la tierra y siempre horizontal.

A las seis horas, habrá girado  $90^\circ$  y a las 24 horas, completará una vuelta de  $360^\circ$ , siempre horizontal.

El eje del rotor, que ahora se ha mantenido todo el tiempo horizontal, ha efectuado su rotación aparentemente alrededor de una paralela

al eje terrestre, la que en el polo es una vertical que coincide con el eje de la tierra; es decir hizo lo mismo que en el Ecuador.

Por último, coloquemos el giroscopio en cualquier Latitud y con su eje en cualquier dirección. Observamos el mismo fenómeno ya descrito para el Ecuador y el Polo; el extremo del eje describe un círculo, con centro en el centro de giro del rotor, en sentido contrario a la rotación de la tierra y alrededor de una recta paralela al eje terrestre.

En otras palabras el extremo del eje describe un círculo en el espacio, círculo que es el paralelo de declinación de una estrella que está en el punto de la esfera celeste al cual se apuntó y se mantiene apuntado el eje del rotor.



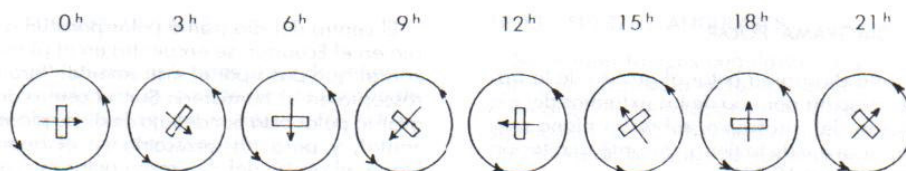


Figura 18.08-b

Se observa también que el extremo del eje de rotación que se dirige al hemisferio Norte, describe un círculo alrededor de una paralela al eje terrestre que pasa por el giroscopio. Si el extremo del eje se encuentra al Este de esta recta, trata de subir. Si se encuentra por encima de esa recta, su recorrido será hacia el W. Si está al Oeste de esta recta, trata de bajar, y si está por debajo de ella su movimiento será hacia el Este.

#### 18.09 LEY DE ROTACION APARENTE.

La ley de rotación aparente, enunciada por Foucault y que generaliza los fenómenos ya explicados dice:

"El eje de rotación de un giroscopio libre, en Latitud cualquiera, si no se coloca paralelo al eje terrestre, gira alrededor de una recta que pasa por su centro, paralela al eje de la tierra, en sentido retrógrado, completando una vuelta en 24 horas".

#### 18.10 POSICION DE REPOSO.

Se entiende por posición de reposo, aquella en que el eje de un giroscopio no demuestra rotación aparente y permanece fijo con respecto a la superficie de la tierra. Es decir, no se mueve en declinación, ni se mueve con la rotación de la tierra.

Si en el Ecuador colocamos su eje de rotación horizontal y dirigido de Norte a Sur (paralelo al eje de la tierra) a pesar de la rotación terrestre el eje del giroscopio se mantendrá en esa dirección horizontal y dirigido de Norte a Sur, durante una vuelta completa de la tierra (24 horas).

Si en uno de los Polos colocamos el eje de rotación vertical (coincidiendo con el eje de la tierra), tampoco demostrará rotación aparente.

Si en Latitud  $20^\circ$  N. colocamos su eje colocado de N. a S. y el extremo Norte del eje levantado  $20^\circ$  sobre el plano horizontal, tampoco se observará rotación aparente.

En resumen; se obtiene posición de reposo en un giroscopio cuando se coloca el eje del rotor paralelo al eje de la tierra, o sea:

1) En el Ecuador, el eje horizontal dirigido de Norte a Sur.

2) En los Polos, eje vertical.

3) En cualquier Latitud, eje de Norte a Sur e inclinado con la horizontal un ángulo igual a la latitud.

Tanto en la rotación aparente como en la posición de reposo, han actuado sólo dos factores:

Rotación de la tierra y

Rigidez giroscópica.

El sentido de rotación del rotor no influye en el sentido de la rotación aparente de un giroscopio.

No debe olvidarse esta circunstancia, porque después se verá que el sentido de rotación influye en el sentido de precesión de un girocompás, aunque nada tiene que ver con la rotación aparente del giroscopio, la que se debe únicamente a la rigidez y a la rotación de la tierra.

## 18.11 DIAGRAMA POLAR.

Se llama diagrama polar al gráfico de la trayectoria descrita por uno de los extremos del eje de rotación del giroscopio, sobre un plano perpendicular al eje de la tierra, durante su rotación aparente (figura 18.11).

Se vió que esta trayectoria es un círculo descrito en 24 horas alrededor de una paralela al eje terrestre, por lo tanto, el centro del diagrama polar es la intersección de esa recta con el plano del diagrama, y la posición del centro del diagrama, con respecto al plano horizontal, depende de la inclinación de esta recta, inclinación que depende de la Latitud del lugar.

El centro del diagrama polar para un giroscopio en el Ecuador, se encuentra en el plano horizontal que pasa por el instrumento. Para un giroscopio en el hemisferio Sur, el centro del diagrama polar está por debajo de dicho plano horizontal, y para un giroscopio en el hemisferio Norte, el centro del diagrama polar está por encima de dicho plano (siempre se refiere al diagrama polar descrito por el extremo Norte del eje de rotación del giroscopio).

El diagrama polar se reduce a un punto cuando el giroscopio está en su posición de reposo en cualquier Latitud. Ese punto es el centro de todos los diagramas polares que el giroscopio puede describir en esa Latitud y naturalmente es también la dirección del polo celeste.

DIAGRAMA POLAR DE UN GIROSCOPIO

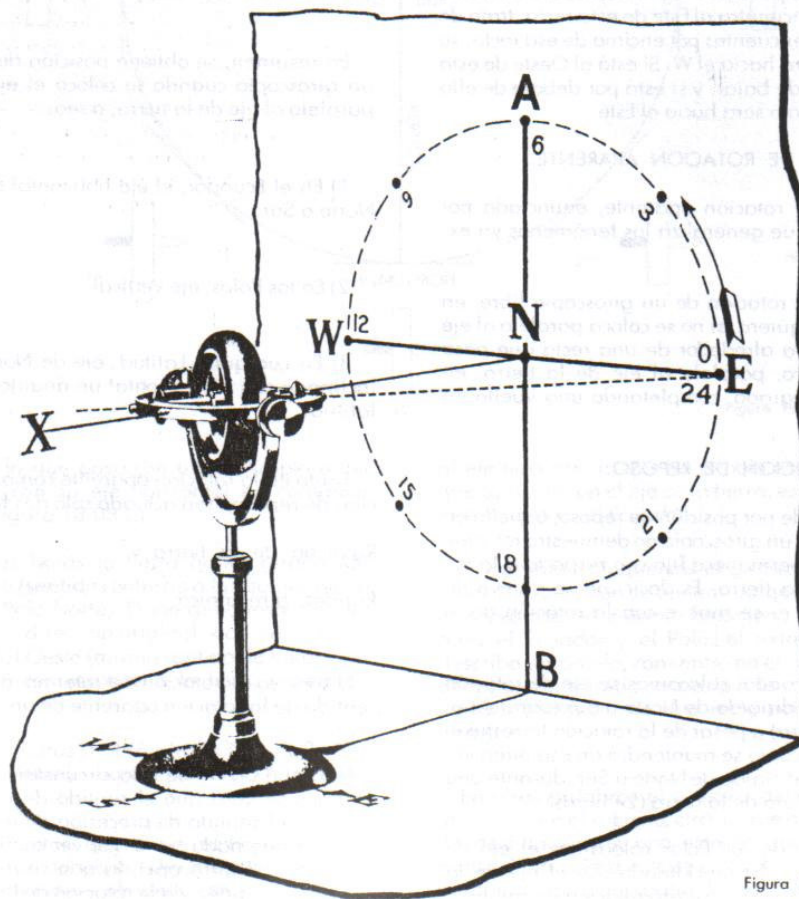


Figura 18.11



### 18.12 FUERZAS LINEALES.

Son aquellas que aplicadas al eje de un giroscopio, lo trasladan, pero no tratan de sacarlo de la dirección en que se encuentra; es decir lo trasladan paralelamente a sí mismo.

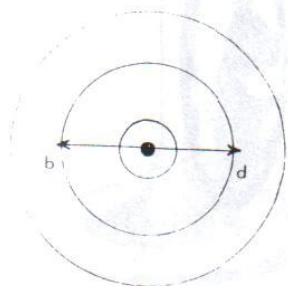
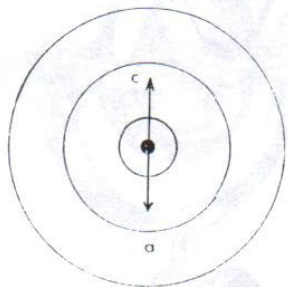
Las fuerzas lineales tienen su punto de aplicación en el centro de suspensión del rotor y por eso no le imprimen ningún esfuerzo de torsión que desvíe su eje de rotación.

La traslación que experimenta un giroscopio sobre la superficie de la tierra, debido al movimiento de rotación de ésta, es una fuerza lineal aplicada al pedestal del instrumento y del pedestal se transmite al centro de suspensión, siempre que el rotor, esté en equilibrio perfecto y no haya fricción apreciable de los ejes libres.

Luego, tampoco este movimiento tiende a desviar el eje de rotación de su dirección original.

Es común el concepto erróneo que la rotación de la tierra desvía al eje de un giroscopio y concluye por orientarlo. Si así fuera no existiría la rigidez, ni la rotación aparente, ni la posición de reposo que ya vimos.

### DIRECCION Y APLICACION DE LAS FUERZAS ANGULARES AL ROTOR.



### 18.13 FUERZAS ANGULARES.

Se llaman fuerzas angulares las que se aplican a un giroscopio en tal forma que tienden a desviar el eje de rotación de la dirección en que se encuentra. En otras palabras, las aplicadas al eje, fuera de su centro de suspensión y que producen el efecto de un par giratorio.

Estas fuerzas provocan el fenómeno de la precesión.

Las fuerzas angulares, siempre pueden reemplazarse por fuerzas perpendiculares al plano del rotor aplicadas en un punto de él, que no sea el centro de giro. Así la fuerza (a), figura 18.13, trata de bajar el extremo del eje de rotación cercano al observador, puede reemplazarse por la fuerza (a') aplicada en un punto del rotor, perpendicular a su plano. Tiene el mismo efecto.

La fuerza (b) que trata de desviar hacia la izquierda el mismo extremo del eje de rotación, puede reemplazarse por la fuerza (b') aplicada en un punto del rotor perpendicular a su plano.

En forma análoga podemos considerar las fuerzas (c y d). En estas cuatro únicas direcciones podemos aplicar fuerzas angulares al eje de rotación. Cualquiera otra dirección de otra fuerza que sea angular podrá siempre descomponerse en dos componentes de estas direcciones.

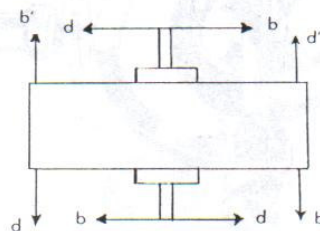
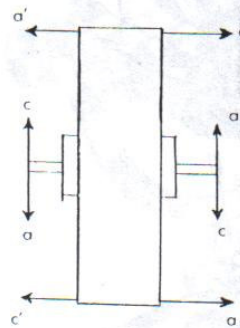


Figura 18.13

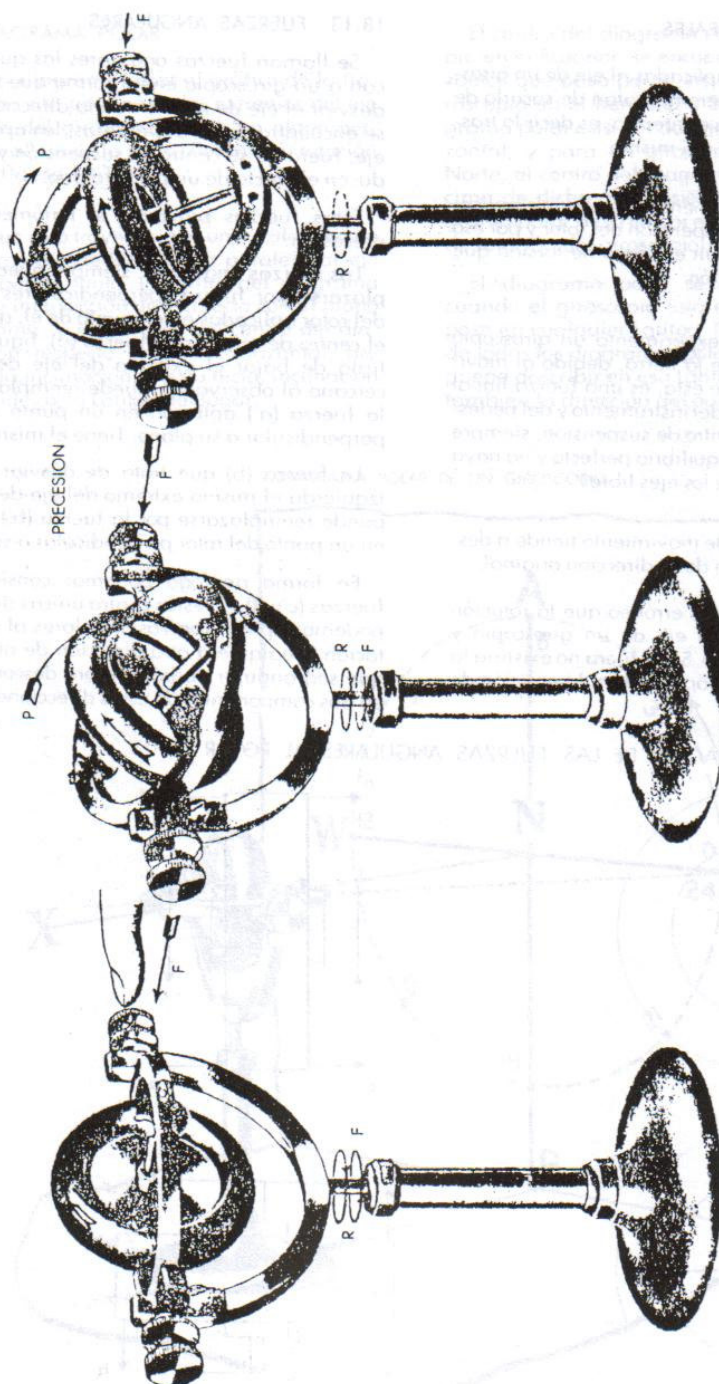


Figura 18.14-a



### 18.14 PRECESIÓN.

Al aplicar una fuerza angular, el eje de rotación de un giroscopio se desvía en dirección perpendicular al sentido de la fuerza y opone resistencia para moverse en el sentido de ella.

Este fenómeno llamado precesión y la resistencia encontrada, se deben a una combinación mecánica, de la fuerza aplicada con la fuerza de rotación. La resistencia no es una manifestación de la rigidez.

Coloquemos horizontal el eje de rotación y dirigido de Norte a Sur. Mirando el giroscopio desde el Sur demosle rotación en el sentido de las agujas de un reloj. Fig. 18.14-a.

Apliquemos que el extremo Sur del eje de rotación una fuerza horizontal hacia la izquierda, que trata de girar el eje de rotación alrededor del eje vertical. Encontramos una gran resistencia y en vez de conseguir un movimiento

en ese sentido, veremos que el extremo Sur bajará hasta quedar vertical el eje de rotación del giroscopio; en este momento la resistencia cesa.

Si el experimento se repite con el rotor girando en el otro sentido (contrario a las agujas de un reloj, mirando desde el Sur) al aplicar la misma fuerza, se observará el mismo fenómeno, pero en sentido contrario. Figura 18.14-b.

Lo que el rotor hace es moverse por el camino más corto, para que la fuerza aplicada quede contenida en su plano y actuando en el mismo sentido de su rotación disminuye su brazo de palanca hasta transformarse en fuerza lineal. Conseguido eso, cesa la precesión y cesa la resistencia que opone a moverse en el sentido de la fuerza aplicada.

El sentido de la precesión es siempre en forma que el rotor llegue a la colocación antes dicha por el camino más corto. Se ve que si lo hiciera en el otro sentido, para lograr su objeto el eje de rotación tendría que desviarse  $270^\circ$  en vez de  $90^\circ$ .

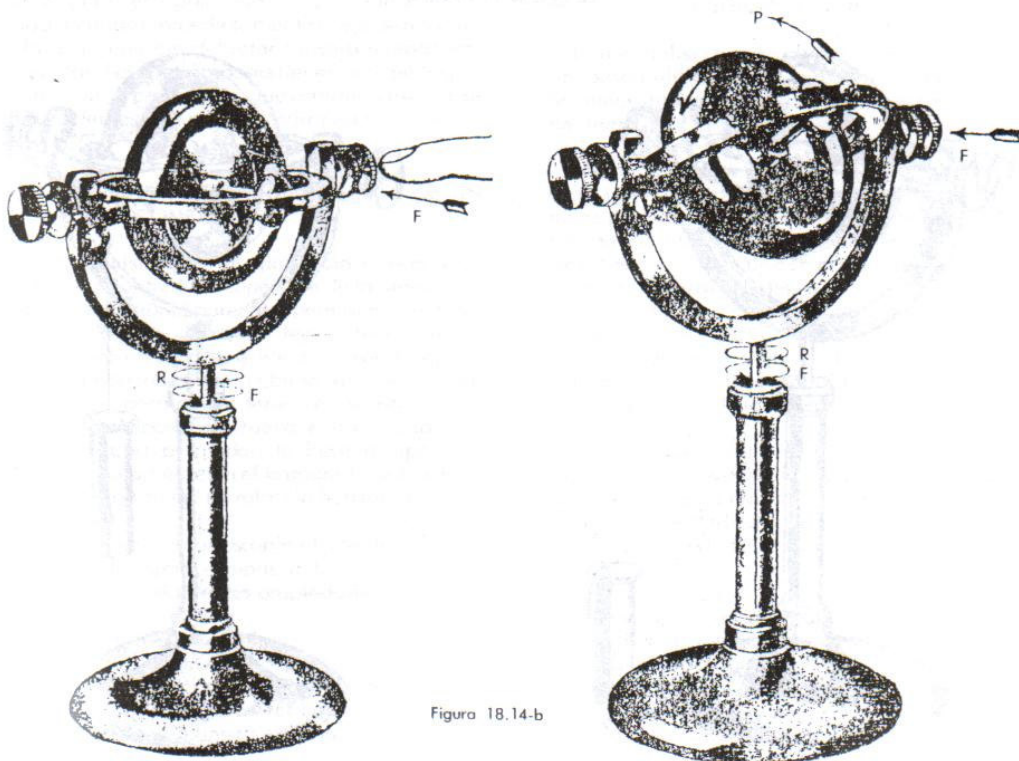


Figura 18.14-b

### 18.15 LEY DE PRECESION.

"Cuando un giroscopio se somete a una fuerza angular que trate de desviar la dirección en que está su eje de rotación, opone resistencia y su eje precede en dirección perpendicular a la fuerza aplicada, hasta colocar, por el camino más corto, el plano y el sentido de su rotación en el plano y sentido de la fuerza".

### 18.16 PRECESION CONTINUA.

Cuando se dispone en tal forma que, la fuerza aplicada vaya cambiando de plano al movimiento de precesión, la precesión continuará indefinidamente, porque nunca llegará el plano de rotación a coincidir con el plano de la fuerza. La precesión se hace continua. Si al eje de rotación, colocado horizontal, le colgamos un peso en un extremo, el eje precederá desviándose perpendicular a la fuerza representada por el peso, o sea, girando alrededor del eje vertical; además debido a la resistencia, continuará horizontal sin ceder a moverse en el sentido de la fuerza, figura 18.16. Entonces su precesión se hace continua,

puesto que el peso o fuerza irá trasladándose paralelamente asimismo y obrará indefinidamente en la misma forma sobre el giroscopio.

Sacando el peso, la precesión cesa. Invertiendo el sentido de la rotación, o cambiando el peso al otro extremo del eje, se invierte el sentido de la precesión continua.

### 18.17 FUERZAS COMBINADAS.

Dos o más fuerzas aplicadas a un giroscopio pueden considerarse juntas o separadamente.

Cada fuerza tiene su precesión propia, y como dos o varias fuerzas tienen una resultante, la precesión de esta resultante, es la resultante de las precesiones separadas.

Repitiendo el experimento del peso que produce una precesión continua, apliquemos una fuerza en el sentido de ayudar al movimiento de precesión y veremos que se levanta el extremo del eje del cual cuelga el peso debido a una

PRECESION CONTINUA

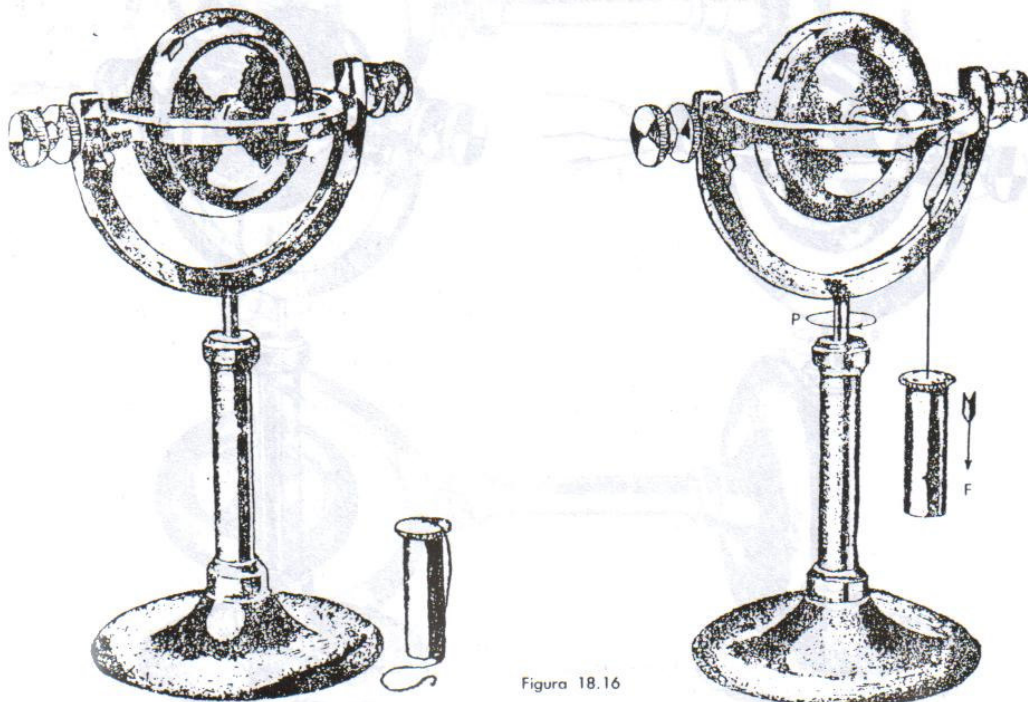


Figura 18.16



precesión provocada. Esta nueva precesión dura hasta que el eje de rotación llegue a ponerse vertical, en forma que el peso deje de tratar de desviarlo.

La fuerza aplicada con intención de ayudar a la precesión fue en realidad una nueva fuerza con su precesión propia hacia arriba.

#### 18.18 SUPRESION DE LIBERTAD ALREDEDOR DE UN EJE.

Al trincar el giroscopio alrededor de su eje vertical, se suprime la precesión que el peso produce alrededor de ese eje, y al suprimir esta precesión, el peso no encuentra resistencia para mover el eje hacia abajo.

De este raciocinio resulta, que la resistencia encontrada por el peso, no es sino, una consecuencia de la precesión que él producía. Anulada esa precesión, desaparece la resistencia.

De lo anterior se desprende que, si en un rotor de gran momento angular, que esté precesiendo debido a una gran fuerza aplicada, se coloca un obstáculo a esa precesión, la gran fuerza aplicada inclinará inmediatamente el eje de rotación y la gran energía del rotor causará averías imprevistas. Los girocompases tienen arreglos especiales, como precaución, que controlan esta clase de accidentes que pueden ocurrir en su manejo.

#### 18.19 PROPIEDADES FUNDAMENTALES DE UN GIROCOMPAS.

Hemos visto que un giroscopio colocado en cualquier punto de la superficie de la tierra, manifiesta Rotación Aparente o permanece en Posición de Reposo. Ninguna ley ni fenómeno lo obliga a orientarse de Norte a Sur con su eje de rotación horizontal, ni lo obliga tampoco a colocar su eje paralelo al terrestre. Si estando en posición de reposo, una fuerza extraña lo saca de ella, ninguna propiedad lo hace recuperarla. Además, solamente en el Ecuador la posición de reposo es con su eje de rotación horizontal.

En resumen: un giroscopio elemental no sirve para usarlo como compás a bordo, pues éste debe tener las siguientes propiedades:

1º) Orientarse por sí solo.

2º) Mantenerse orientado con su eje de rotación horizontal, o sea, volver horizontal al meridiano cuando una fuerza extraña lo saque de él.

Todo esto, en cualquier Latitud, a cualquiera velocidad del buque, navegando con cualquier rumbo, con todo balance y venciendo las inevitables resistencias por fricción que experimentan sus tres ejes.

#### 18.20 BALISTICO DE MERCURIO.

Hemos visto que un peso colocado en un extremo del eje de rotación de un giroscopio, produce precesión continua en un mismo sentido. En vez de un peso, coloquemos un vaso con mercurio en cada extremo del eje de rotación y ambos vasos comunicados por un delgado tubo inferior, montados en forma que el centro de gravedad de ellos coincida con el centro de gravedad del rotor (para no desbalancearlo). En este par de vasos comunicantes que se llama "Balístico de Mercurio", el mercurio en él contenido estará sometido a trasladarse de un vaso a otro cada vez que se incline el eje de rotación del giroscopio, debido a la rotación aparente, figura 18.20.

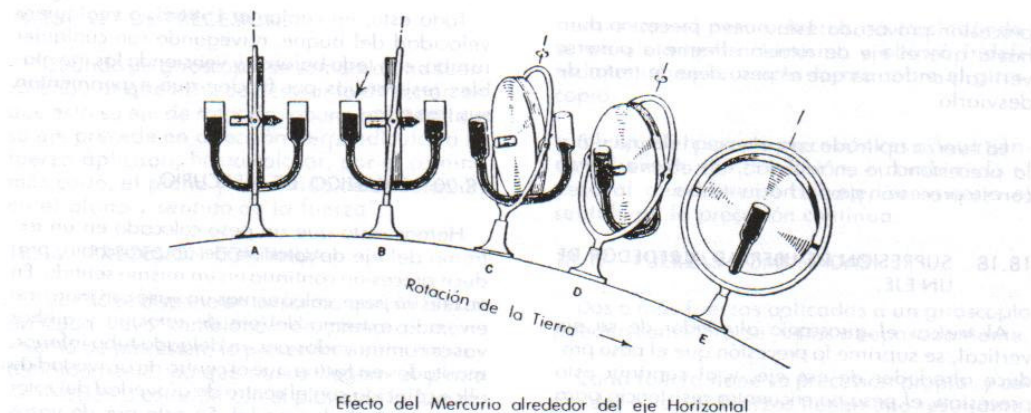
El objeto del Balístico de Mercurio es hacer preceder el eje de rotación hacia el meridiano y cambiar el sentido de la precesión continua, cada vez que cambie la inclinación del eje de rotación.

Con el balístico provocamos intencionalmente un desequilibrio en el giroscopio elemental y hacemos intervenir la gravedad de la tierra (peso del mercurio) para orientarlo.

Mientras el eje esté horizontal, los vasos tendrán igual cantidad de mercurio y el giroscopio no es perturbado en su rigidez, (A-Figura 18.20) pero en cuanto la rotación aparente incline al eje de rotación, el mercurio se irá al vaso deprimido (B-en la Figura). El desequilibrio de mercurio, pesando desigualmente sobre los extremos del eje de rotación, constituye así una fuerza angular vertical que hará preceder horizontalmente al eje del rotor en un sentido, (como lo indican las flechas en C y D de la figura 18.20).

La inclinación del eje la proporciona la rotación aparente, es decir, la rigidez del giroscopio y la rotación de la tierra. La precesión la proporciona la gravedad actuando sobre el balístico y la misma propiedad de preceder que tiene el giroscopio.

Supongamos un giroscopio con balístico, con su eje de rotación horizontal, apuntado al Este y girando en sentido contrario al de las agujas de un reloj, mirado desde el Weste. Después de algunos minutos, la rotación aparente irá levantando el extremo que estará al Este, con intención



Efecto del Mercurio alrededor del eje Horizontal

Figura 18.20



nes de hacerlo describir un círculo en 24 horas (su diagrama polar), en sentido contrario a la rotación de la tierra y alrededor de una recta paralela al eje terrestre. En cuanto esta inclinación se produce, pasa más mercurio al vaso del extremo más bajo, Weste en este caso, y el mayor peso hará preceder al rotor en sentido de llevar hacia el Norte el extremo del eje de rotación que estaba al Este.

Los extremos del eje irán acercándose rápidamente al meridiano, debido a esta precesión, e inclinándose lentamente debido a la rotación aparente. Como la inclinación va aumentando, la precesión irá también acelerando, pero la velocidad de inclinación irá disminuyendo a medida que el eje se acerque al meridiano, luego, hasta el momento que el eje llega al meridiano, su extremo, en vez de describir un cuadrante de círculo (diagrama polar) habrá descrito un cuarto de elipse.

Al llegar el eje al meridiano, está con su inclinación máxima y el exceso de mercurio acumulado en la parte baja (lado-Sur) lo hará continuar precediendo hacia el Weste. Al pasar el eje al otro lado del meridiano, la rotación aparente tratará de llevar el eje de rotación a la horizontal; es decir, su actual inclinación irá disminuyendo. Seguirá precediendo en el mismo sentido que iba, pero cada vez más despacio al ir recuperando su posición horizontal. Es decir, seguirá describiendo otro cuarto de elipse, simétrico al anterior con respecto al plano del meridiano.

El eje recuperará su posición horizontal cuando su extremo que estaba al Este se encuentre al Weste, habiendo descrito una semi-elipse. En ese momento cesa la precesión, puesto que el eje está horizontal, pero la rotación aparente sigue deprimiendo al extremo del eje que ahora está al Weste y al cual pasará, por lo tanto, el mercurio



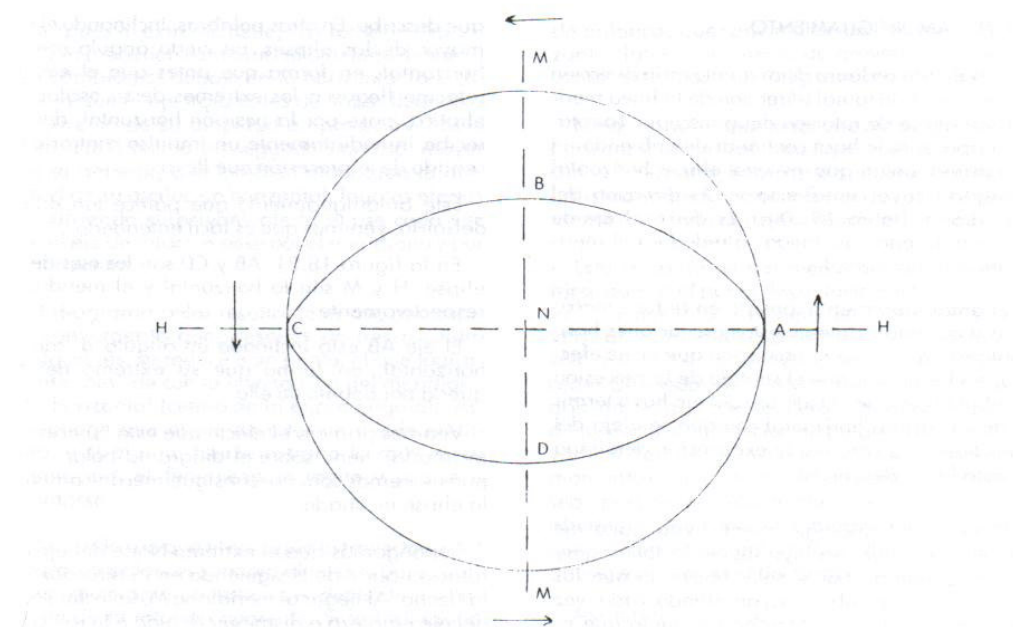


Figura 18.20-a

para cambiar el sentido de la precesión hacia el Este, siguiendo un proceso similar a lo anteriormente descrito, hasta que se complete la elipse.

Resulta que debido al balístico, el diagrama polar se ha convertido en una elipse cuyo eje menor es una vertical contenida en el plano del meridiano y el eje mayor es una horizontal (Fig. 18.20-a).

Además, el diagrama polar se ha completado en mucho menos tiempo que el empleado por la rotación aparente para describir el diagrama circular ya estudiado (24 horas), debido también a la "ayuda" que la precesión hace en sentido horizontal sobre la rotación aparente.

En resumen:

- 1) Con el balístico se ha convertido el diagrama polar en una elipse.
- 2) Se ha completado un diagrama polar en mucho menos de 24 horas y
- 3) El eje de rotación del giroscopio ha permanecido todo el tiempo casi horizontal, es decir, ha

oscilado alrededor de una horizontal dirigida de Norte a Sur y no alrededor de una paralela al eje terrestre, como lo hace el giroscopio sin balístico.

Las oscilaciones producidas por el balístico también serán continuas, como la rotación aparente y duran indefinidamente.

La velocidad de precesión depende del peso del mercurio con respecto al momento angular del rotor, de la Latitud del lugar que le produce más o menos rápido una cierta inclinación al eje de rotación (máxima en el Ecuador y nula en los polos para un mismo intervalo de tiempo) y de la dirección original con que partió el eje de rotación (máxima de E. a W. y nula de N. a S.).

Puede deducirse fácilmente que si la rotación dada al rotor es en sentido contrario al descrito, la precesión será al revés; pasará por el Sur el extremo del eje que estaba al Oeste y vice-versa. Es decir al giroscopio con balístico de mercurio precede siempre en forma de orientar su eje de Norte a Sur, dejando su rotación en sentido contrario a la rotación terrestre.

### 18.21 AMORTIGUAMIENTO.

El balístico no logra dejar quieto en la dirección Norte - Sur horizontal (dirección de la línea meridiana) al eje de rotación del giroscopio. La rotación aparente lo hace continuar describiendo un diagrama polar que es una elipse horizontal alargada cuyo centro está en la dirección del meridiano (figura 18.20-a). Es decir, el eje de rotación queda "oscilando" alrededor del meridiano y la horizontal.

El amortiguamiento consiste en reducir mecánicamente y automáticamente estas oscilaciones horizontales en cada semi-oscilación que el eje efectúa, en forma tal, que el sentido de la precesión cambie antes que el extremo del eje haya terminado su carrera horizontal con que se aleja del meridiano. Ya veremos la explicación detallada de esta larga definición.

El objeto del amortiguamiento es obligar al eje de rotación a que concluya sus oscilaciones, quedando orientado por sí solo, haciendo que las elipses que describen vayan siendo cada vez menores hasta convertirse en un punto que es centro de ellas y es también la dirección horizontal del meridiano.

El amortiguamiento se consigue haciendo que el eje de rotación llegue a sus posiciones horizontales antes de llegar a los extremos de las elipses

que describe. En otras palabras: inclinando el eje mayor de las elipses, un cierto ángulo con la horizontal, en forma que antes que el eje de rotación llegue a los extremos de su oscilación elíptica, pase por la posición horizontal, donde recibe inmediatamente un impulso contrario al sentido de la precesión que lleva.

Este amortiguamiento que parece tan difícil definirlo, veremos que es fácil entenderlo.

En la figura 18.21; AB y CD son los ejes de la elipse. H y M son la horizontal y el meridiano respectivamente.

El eje AB está inclinado un ángulo  $\alpha$  con la horizontal, en forma que su extremo del W queda por debajo de ella.

Veamos primero el efecto que esta "precesión inclinada" tiene sobre el diagrama polar. Después veremos como se consigue mecánicamente la elipse inclinada.

Supongamos que el extremo Norte del eje de rotación parte de H siguiendo en la dirección de la flecha. Al llegar al meridiano M, la inclinación del eje empieza a disminuir debido a la rotación aparente, sin que todavía el eje de rotación haya llegado a C, que es el punto extremo de la oscilación vertical (eje menor de la elipse). Luego, ya en M la elipse recibe un pequeño impulso contrario que amortigua su amplitud vertical de oscilación.

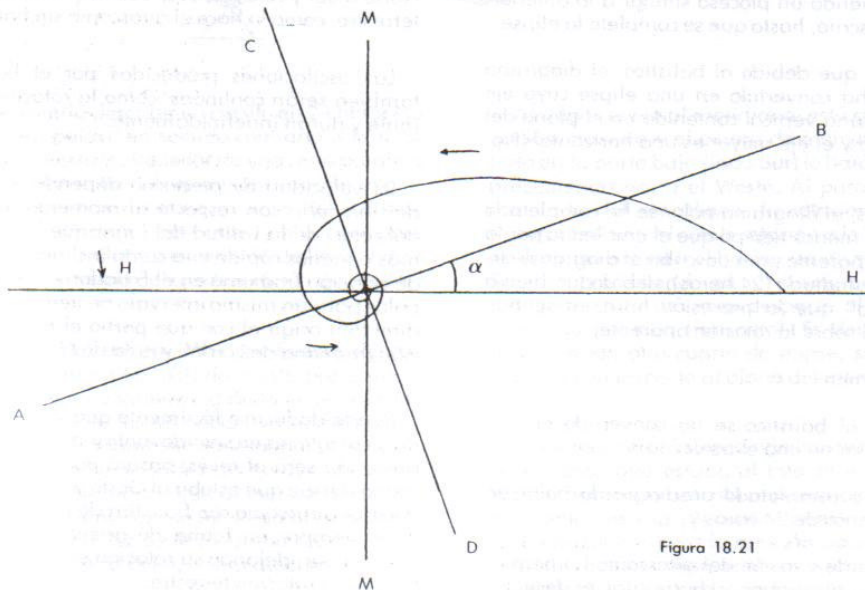


Figura 18.21



Después el extremo del eje de rotación llegará a H y la precesión cambiará al otro lado debido a que cambió por debajo de la horizontal la inclinación que el eje traía antes de haber llegado a A, extremo de su amplitud en precesión. Por lo tanto, en H recibe un segundo impulso, mayor que el anterior, que también amortigua la amplitud de su oscilación horizontal. Iguales efectos irá sufriendo sucesivamente la elipse cada vez que el eje de rotación pase por el meridiano y por la horizontal.

El diagrama polar resultante es así, una espiral convergente que, después de tres o cuatro oscilaciones, se reduce a un punto, el que lógicamente coincide con la intersección del meridiano y la horizontal (centro de la elipse original). Así se obtiene que el eje de rotación quede orientado, y si alguna fuerza extraña lo saca de su orientación, el fenómeno se repite y vuelve a orientarse.

El sentido con que el eje sigue la trayectoria del diagrama polar, es siempre el mismo para cualquier giroscopio, puesto que depende únicamente de la rotación aparente. Si la inclinación de los ejes de la elipse con respecto a la horizontal se hace al otro lado, o sea, en forma que el extremo W del eje mayor quede por encima de la horizontal, obtendríamos una espiral divergente y no se conseguiría nunca la orientación del eje del rotor.

Por lo tanto, en cualquier girocompás la inclinación de los ejes de la elipse debe ser siempre hacia el Oeste, o sea, en el mismo sentido que el de la rotación aparente. Nada tiene que ver en esto, el sentido de rotación del rotor.

#### 18.22 PIVOTE EXCÉNTRICO.

Hemos visto que para obtener el amortiguamiento y mantener la orientación del eje de rotación del giroscopio hay que inclinar los ejes de la elipse un cierto ángulo; es decir, inclinar la elipse. Ahora veremos, como puede conseguirse esto mecánicamente en el instrumento.

Vimos que aplicando la acción del balístico verticalmente hacia abajo se consigue un diagrama polar en forma de elipse alargada y horizontal. Esto, siempre que la acción del balístico obre sobre el rotor, perpendicular a su plano y en un punto situado por debajo y en la vertical que pasa por el centro de rotación.

Si aplicáramos la acción del balístico hacia los lados, o sea, en un punto del rotor a noventa grados del anterior (podría hacerse por sistema

de palancas que convirtieran en una fuerza horizontal lateral, la fuerza de gravedad) entonces conseguiríamos una "elipse alargada vertical".

Luego, si queremos tener una elipse que no sea horizontal ni vertical, sino ligeramente inclinada con la horizontal; habrá que aplicar la acción del balístico sobre la parte inferior de rotor y ligeramente a un lado del eje vertical del instrumento.

Esto se consigue por medio del pivote excéntrico, pues si el punto de contacto del balístico con la caja del rotor estuviera en línea con el eje vertical, el momento producido por el balístico, sólo actuaría en el eje horizontal haciéndolo preceder alrededor del eje vertical, esto es, no tendría amortiguamiento. Pero, ubicando el punto de contacto, una fracción de pulgada al Este de la vertical, (equivale inclinar el eje de la elipse) el momento actuará en el eje horizontal y vertical; o sea, presión en ambos ejes; siendo la presión alrededor del horizontal mucho más pequeña que la alrededor del vertical, debido a la pequeña excentricidad del pivote.

Así tendremos que cuando el extremo Norte del eje esté al Este del meridiano; debido a la rotación terrestre, se eleva produciendo una precesión alrededor del eje vertical en sentido contrario a las agujas de un reloj. Pero, debido al pivote excéntrico, parte del momento actuará en el eje vertical haciéndolo preceder alrededor del horizontal en dirección tal que lleve el extremo Norte hacia "abajo", o sea, reducirá la inclinación. Inversamente, cuando el eje está al Oeste, el extremo Norte bajará y la precesión será hacia el Este alrededor del eje vertical; pero una pequeña precesión alrededor del eje horizontal "levantará" el extremo Norte reduciendo la inclinación. Por lo tanto, mientras el extremo Norte del eje oscila alrededor del meridiano, la inclinación es reducida no sólo por efecto de la rotación terrestre sino que también por acción de la conexión excéntrica.

Esto hace que el eje esté horizontal y comience la oscilación hacia el meridiano antes de completar la oscilación y que estas vayan siendo cada vez más pequeñas.

Fácilmente puede analizarse y deducirse que para dar siempre una inclinación al W a la elipse, el punto de aplicación del balístico debe quedar siempre al Este del eje vertical.

La distancia a que se coloca el punto de aplicación del eje vertical es de 1/10 pulgadas y se llama "excentricidad". La conexión del balístico al rotor, se llama pivote excéntrico.

### 18.23 RESUMEN DE LA ORIENTACION.

1º) El efecto vertical del balístico de mercurio hace preceder al Oeste cuando el extremo Norte del eje está sobre la horizontal.

2º) El mismo efecto hace preceder al Este cuando está el eje bajo la horizontal.

3º) La excentricidad del punto de apoyo hace bajar el extremo Norte cuando éste está sobre la horizontal, y lo levanta cuando está bajo esa horizontal.

4º) Esta excentricidad trata, por lo tanto, de llevar el eje del rotor al plano horizontal.

Con estas conclusiones nos daremos cuenta muy fácilmente de la orientación, recordando además que el plano horizontal tangente en el punto considerado, se levanta al Oeste del meridiano y baja al Este de él.

Veamos ahora el funcionamiento de un giroscopio en el Ecuador con "balístico de mercurio" con punto de apoyo y pivote colocado excéntrico al Este del eje vertical.

Esta excentricidad se aparta en realidad muy poco del eje vertical del instrumento y es calculada de acuerdo con las dimensiones del rotor, balístico, velocidad de rotación, etc.

Sobre la elipse hecha por el extremo Norte del giroscopio con pivote central (en el eje vertical), sigamos ahora el camino que trazará el extremo Norte del giroscopio con excentricidad al Este. (Figura 18.23).

Coloquemos el eje Norte apuntado al punto A de la elipse, es decir, a un punto que está al Este del meridiano. Debido a la rotación de la tierra el plano horizontal comienza a bajar, o sea que aparentemente el extremo Norte sube con lo cual sucede que precede al Oeste y trata de acercarse

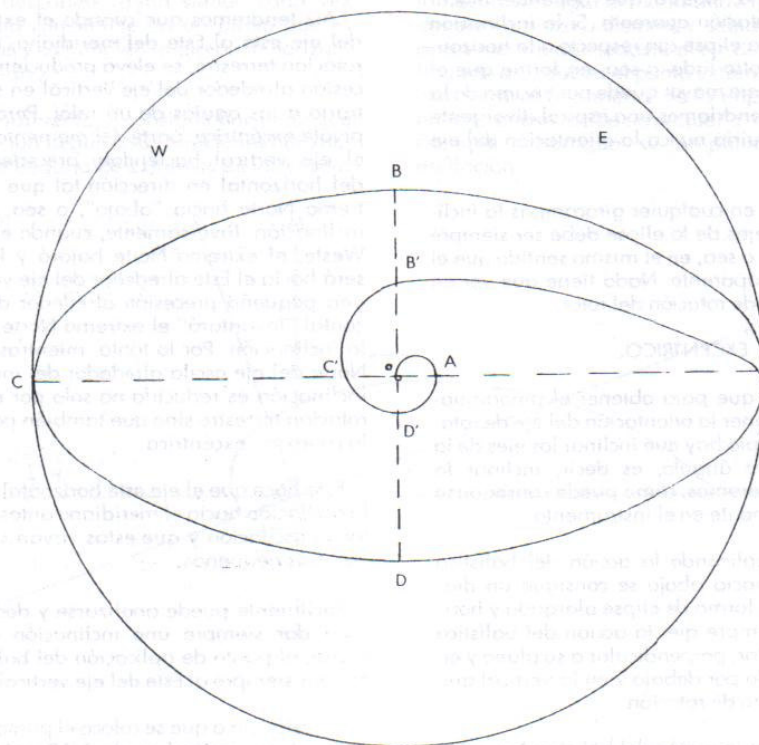


Figura 18.23



a la horizontal bajando el extremo Norte por la excentricidad del pivote. Este efecto, es contrario al efecto producido por la rotación aparente y por lo tanto al llegar el eje al meridiano se hallará en B'. Al seguir precediendo al Oeste del meridiano el plano horizontal comienza a levantarse, aparentemente el Norte baja y como el pivote sigue tratando de acercar el extremo Norte a la horizontal, los efectos se suman (van al encuentro) y el extremo del eje llegará a la horizontal en un punto tal como el C'.

En el camino seguido de A a B' los efectos se han restado; en cambio de B' a C' la rotación de la tierra hace que la horizontal vaya en busca del extremo Norte y a su vez la excentricidad sigue tratando de bajar el extremo Norte, la suma de estos efectos hacen comprender fácilmente que el extremo no llegará al punto C sino al C' que está más cercano del meridiano.

Al llegar a C', el plano horizontal sigue subiendo alejándose del extremo Norte, que aparentemente va bajando, en cambio el efecto excéntrico trata de levantarlo, por lo tanto los efectos se restan, pero en todo caso la distancia OD' de inclinación negativa será menor que OB' por estar C' más cerca de O que A del mismo punto.

Desde D' al Este los efectos se suman, el extremo Norte encontrará el plano horizontal en un punto más cercano al meridiano o punto O. Sigue describiendo este espiral hasta que llega por fin al punto de reposo que es el punto O. Entonces el eje está en la horizontal y en la línea N-S. Hemos conseguida convertir el giroscopio en un girocompás.

#### CONCLUSION:

El eje llega al punto de reposo O por tres causas:

- 1º) Rotación de la tierra.
- 2º) Efecto de precesión al meridiano por el balístico de mercurio (gravedad).
- 3º) Pivote excéntrico del punto de apoyo colocado al Este.

Si el instrumento es sacado de la posición de reposo por cualquier causa extraña, volverá a hacer la espiral hasta quedar nuevamente en reposo en la línea N-S.

Al describir el eje una espiral, las amplitudes horizontales al meridiano van disminuyendo hasta llegar al punto de reposo. La paulatina disminución de estas amplitudes se llama amortiguamiento.

Este amortiguamiento es por lo general de 66%, lo que significa que cada semi-oscilación es la tercera parte de la anterior. Es decir, si estando el rotor con su velocidad de rotación normal, se hace partir el eje apuntado al Este para que comience a preceder y orientarse en su oscilación, llegará al N 30 W. Después N 10 E, N 3 W, N 1 E; N 1/3 W. En esta última posición puede considerarse prácticamente orientado para las necesidades de la navegación. El tiempo medio para todo esto es de tres horas. Sin embargo, si se necesita que se demore menos, puede colocársele inmediatamente más o menos orientado en la dirección del Norte verdadero con su eje horizontal y a los quince minutos está prácticamente orientado.

El eje de rotación de un girocompás, mientras oscila para orientarse en el meridiano, hemos visto que no permanece horizontal, sino en el instante en que pasa por los puntos extremos de sus oscilaciones y una vez que ya está perfectamente orientado. De manera que observando si permanece horizontal, puede saberse cuando está orientado. Con este objeto la caja del rotor lleva dos niveles montados paralelamente al eje de rotación. Uno en su lado Norte con graduaciones de 5 minutos de arco para los grandes ángulos de inclinación y el otro en el lado Sur de la caja con graduaciones de 1 minuto para acusar pequeñas inclinaciones.

#### ESPIRAL DIVERGENTE.

La espiral será divergente no consiguiéndose la orientación.

1º) Si el pivote queda al Oeste del eje vertical.

2º) Si con el punto de apoyo al Este, en un girocompás con balístico, el rotor gira en el mismo sentido de las agujas de un reloj mirando desde el Sur.

#### 18.24 ERRORES DEL GIROCOMPAS.

Para que un girocompás sea un instrumento que indique con precisión el meridiano verdadero, debe diseñársele de tal manera que tenga los medios de compensar todas las influencias que puedan producir errores en su indicación. Algunos errores pueden ser eliminados al diseñar el girocompás, neutralizando las influencias que lo producen. Otros pueden ser eliminados calculando su magnitud y corrigiéndole en la lectura de la rosa.

La dirección indicada por el compás se lee en la rosa, cuya circunferencia exterior está graduada en grados. Las graduaciones parten con 0º, que



indica el punto cardinal Norte, y continúa en el sentido de los punteros de un reloj alrededor de la rosa hasta  $360^\circ$ . El  $360^\circ$  coincide con el cero por eso se omite. La línea que permite obtener la dirección de la proa se llama "línea de fe". Cuando el buque gira o cae, la línea de fe gira con él, mientras la rosa, controlada por el girocompás, permanece estacionaria, con su graduación cero indicando siempre el Norte. En un compás sin errores, entonces, la graduación de la rosa que coincide con la línea de fe indicará la dirección de la proa del buque, en grados contados en el sentido de los punteros de un reloj desde el Norte verdadero. Cuando un buque navega al rumbo Norte, por ejemplo, y cae hacia el Este, la línea de fe gira en el sentido de los punteros alrededor de la rosa y sus lecturas serán mayores. Pero si alguna causa de disturbio del compás produce un "error" hacia el Este, la rosa girará en el mismo sentido de los punteros de un reloj y la lectura en la línea de fe cambiará hacia un número menor.

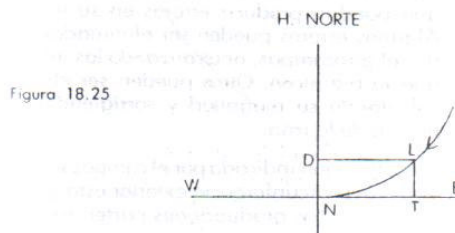
Ahora supongamos que un buque está navegando al  $R_v = 020^\circ$  y que el compás tiene un error  $= 2^\circ E$ . Para determinar el rumbo a que se gobierna, en estas condiciones, la línea de fe ha caído  $20^\circ$  al Este, que corresponde al rumbo verdadero. Pero, como la rosa está girando  $2^\circ$  al Este debido al error, en vez de leer  $20^\circ$  en la rosa se leen  $18^\circ$ . Para corregir este error, es necesario girar la línea de fe  $2^\circ$  hacia el Este, o girar la rosa  $2^\circ$  hacia el Oeste. En consecuencia se corrige:

a) Moviendo la línea de fe en la dirección del error o

b) Moviendo la rosa en dirección contraria a la del error.

### 18.25 ERROR POR TANGENTE DE LA LATITUD.

Este error, llamado así debido a que es proporcional a la tangente de la Latitud en la cual está operando el girocompás, es peculiar en los Sperry, y causado por el método empleado en el amortiguamiento, es decir es debido únicamente al pivote excéntrico.



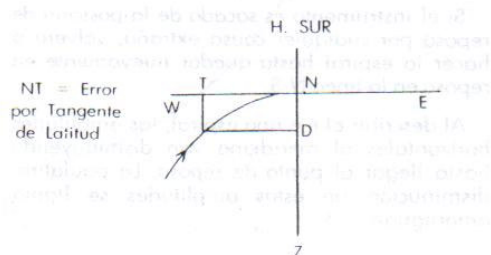
Cuando un girocompás Sperry toma la correcta inclinación para estacionarse en el meridiano en el H.N., la acción de la conexión excéntrica es hacerlo preceder, tanto alrededor del eje horizontal como en el eje vertical. Como la precesión alrededor del eje horizontal es siempre en una dirección tal que tienda a reducir la inclinación; la correcta razón de precesión alrededor del eje vertical no puede ser mantenida y la rotación de la tierra produce una deflexión hacia el Este.

Como esta deflexión hacia el Este aumenta con la rotación terrestre constantemente, la inclinación aumenta. Finalmente, alcanza una posición, al Este del meridiano, donde el giro e inclinación producido por el girocompás por la acción del balístico con mercurio, a través de la conexión excéntrica, balancea exactamente el giro e inclinación causada por la rotación terrestre y el compás se estaciona. El ángulo entre el meridiano y esta posición de reposo es lo que se llama "error tangente de Latitud". En el H.S. la posición de reposo está al Oeste del meridiano. (Figura 18.25).

Este error varía desde cero en el Ecuador, donde el eje está horizontal, hasta un máximo en altas Latitudes Norte o Sur, siendo  $2^\circ,9$  en  $L = 60^\circ N$  o  $S$ . Puede ser determinado para cualquier Latitud, y los compases Sperry están equipados con un mecanismo que permite mover la línea de fe en dirección y magnitud conveniente para eliminarlo. El mecanismo corrector viene graduado en grados de Latitud N y S; para corregirlo, sólo es necesario colocar la escala en la Latitud en que se navega. El mecanismo automáticamente aplica la corrección necesaria.

### 18.26 ERROR DE LATITUD, VELOCIDAD Y RUMBO.

La propiedad del girocompás de orientarse en el meridiano verdadero, depende, además del hecho que el Norte está en ángulo recto con la dirección en la cual rota la tierra, trasladando el girocompás (W - E). Si un girocompás es trasladado en un movimiento circular, en otra dirección que la de Oeste a Este, se estacionará en una dirección a ángulo recto con ella, cualquiera que ella sea.





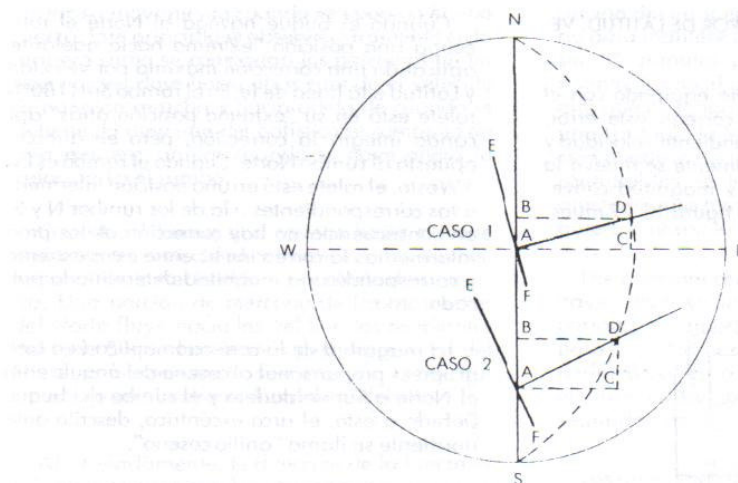


Figura 18.26

Un compás en la superficie de la tierra, es llevado en la dirección Oeste a Este, sólo cuando está "estacionario" con respecto a la superficie o cuando se traslada con movimiento Este o Oeste. A cualquier otro rumbo que navegue el buque, el girocompás será llevado en el espacio en una dirección resultante de la velocidad del buque y de la velocidad de rotación de la tierra y en consecuencia el rotor del girocompás se orientará en el plano del movimiento resultante entre las velocidades de la tierra y del buque, por lo tanto, el eje tomará su posición de reposo a ángulo recto con esta resultante; resultante que formará un ángulo pequeño con el meridiano verdadero. Esta línea es la que se llama "meridiano aparente o virtual".

En la figura 18.26 (caso 1) AC representa la dirección o distancia en que un buque es llevado en una hora debido a la rotación de la tierra. Esto es, alrededor de 900 millas en el Ecuador y decrece a la mitad de ella en Latitud  $60^\circ$  N o S; AB representa la distancia y dirección en que se traslada un buque debido a su propia velocidad en una hora; el rumbo en este caso es Norte. (La escala de la velocidad del buque ha sido grandemente exagerada con respecto a la de la tierra con el objeto de ilustrar claramente el efecto).

Cuando el buque parte del punto A, al cabo de una hora, la rotación de la tierra lo lleva hacia el Este una distancia igual a AC, y hacia el Norte una igual a AB debido a su propia velocidad a través de la tierra. Entonces, al término de la hora, estará en D, o sea, se ha movido la dirección y distancia representada por AD. AN indica la dirección del meridiano verdadero y AE o án-

gulo recto con AD, la dirección del meridiano aparente. Nótese que el error es "hacia el Oeste". El error es Oeste cualquiera que sea el hemisferio en que se navegue, cuando el rumbo del buque es total o parcialmente hacia el Norte. En cambio, cuando lo es hacia el Sur, el error es "Este".

La figura 18.26 (caso 2) representa el mismo buque navegando al Norte a la misma velocidad que en el caso 1, pero en una Latitud donde la velocidad de rotación es la mitad que en caso 1. El error en este caso es mucho más grande.

Si en el caso 1, el rumbo fuera NE el error debido a la Latitud-Velocidad y Rumbo sería mucho menor que en dicho caso. A medida que el rumbo se acerca al Este el error disminuye, hasta ser cero cuando se navegue al Este.

En consecuencia, el error de Latitud - Velocidad y Rumbo depende:

- 1º) De la velocidad del buque. El error "aumenta" con el "aumento" de velocidad.
- 2º) De la Latitud. El error se "agrand" con "aumento" de Latitud.
- 3º) Del rumbo del buque. El error es "mayor" según sea la componente Norte - Sur del rumbo y "decrece" con la disminución de ésta.

La magnitud de este error puede ser calculado para cada serie de condiciones y todos los girocompases vienen equipados con los dispositivos para colocarlo exactamente.

### 18.27 CORRECCION DEL ERROR DE LATITUD, VELOCIDAD Y RUMBO.

El girocompás Sperry viene equipado con el mecanismo necesario para corregir este error, basta colocarlo en la correspondiente velocidad y Latitud para que automáticamente se mueva la línea de fe en la dirección y magnitud conveniente para compensarlos. La figura 18.27 muestra este corrector.

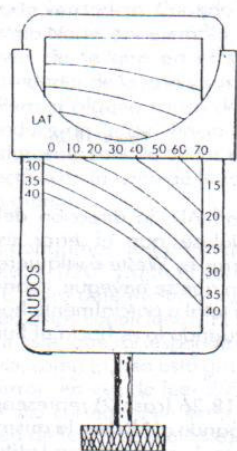


Figura 18.27

CORRECTOR DE VELOCIDAD

Girando la rueda del mecanismo, la planchuela marcada Latitud, se mueve a través de la otra fija, en la cual están grabadas una serie de curvas, para diferentes velocidades. Para hacer la corrección gírese la rueda del mecanismo hasta la marca correspondiente a la Latitud en que se navega e intercepte la línea curva correspondiente a la velocidad del buque. La figura muestra la corrección correspondiente para una velocidad de 20 nudos en una Latitud de 40°.

El efecto del rumbo en el error de velocidad se corrige automáticamente por medio de un anillo excéntrico colocado bajo la rosa. A medida que el buque cae alrededor del girocompás, este anillo, siendo excéntrico, mueve un "rolete" hacia adelante o hacia atrás.

El movimiento del rolete opera un sistema de palancas las que determinan la magnitud de la corrección que se debe aplicar al girocompás por la velocidad y Latitud.

Cuando el buque navega al Norte el rolete ocupa una posición "extrema hacia adelante", aplicando una corrección máxima por velocidad y Latitud a la línea de fe. En el rumbo Sur (180°) el rolete está en su "extrema posición atrás" aplicando íntegra la corrección, pero en dirección opuesta al rumbo Norte. Cuando el rumbo es Este o Oeste, el rolete está en una posición intermedia a las correspondientes a la de los rumbos N y S y en consecuencia no hay corrección. A las proas intermedias la corrección es entre estos extremos y corresponde una magnitud determinada para cada proa.

La magnitud de la corrección aplicada a cada grupo es proporcional al coseno del ángulo entre el Norte o Sur verdadero y el rumbo del buque. Debido a esto, el arco excéntrico, descrito anteriormente se llama "anillo coseno".

### 18.28 ERROR POR DEFLEXION BALISTICA.

En el párrafo anterior vimos que, el error de Latitud, velocidad y rumbo depende de la velocidad y rumbo del buque, luego la magnitud del error varía cuando se altera la velocidad y el rumbo. Por ejemplo, si un buque navega al 000° y a 10 nudos, su compás se estaciona en un meridiano aparente al Weste del meridiano verdadero. Si aumentamos la velocidad a 20 nudos el girocompás se estacionará en un nuevo meridiano virtual "más hacia el Weste" en consecuencia, tendrá que girar en sentido contrario a los punteros de un reloj un ángulo igual a la diferencia entre ambos errores de la velocidad.

Si el girocompás dependiera de la acción de la rotación terrestre y de la gravedad para deflectarse a la nueva posición de reposo, tendría que efectuar un ciclo completo de oscilaciones amortiguadas antes de llegar a conseguirlo. Esto tomaría horas durante las cuales el compás no indicaría, con seguridad, el rumbo a que se navega; pero, produciendo en el compás una precesión rápida hacia la nueva posición de reposo, pueden evitarse estas oscilaciones, y cuando se coloque el corrector en la nueva velocidad, indicará la verdadera dirección de la proa.

La precesión en el sentido contrario de los punteros de un reloj necesaria para deflectar inmediatamente el girocompás al nuevo meridiano virtual, puede obtenerse si se ejerce en el extremo Sur del eje del rotor una fuerza exacta hacia abajo, durante un tiempo preciso. La INERCI A es una propiedad que poseen todos los cuerpos de ofrecer cierta pereza o resistencia a ponerse en movimiento cuando están en reposo y actúa una fuerza sobre ellos, así como de cesar o



variar su movimiento cuando se opone a él una fuerza. Este principio se observa claramente en la manera como se comportan los pasajeros en un tranvía, yéndose hacia atrás cuando el vehículo se pone en marcha y hacia adelante cuando se detiene. El mercurio del balístico se comporta de una manera similar cuando la nave altera la velocidad o el rumbo.

Cuando un buque que navega hacia el Norte aumenta su velocidad, el mercurio es llevado hacia atrás, o hacia el Sur, por efecto de su inercia. Una porción de mercurio de los recipientes del Norte fluye hacia los del Sur; los recipientes del lado Sur se tornan más pesados que los del Norte, en consecuencia, se ejerce una fuerza hacia abajo en el extremo Sur del eje del rotor.

Afortunadamente, la dirección de la fuerza es tal, que hace preceder el giroscopio hacia la nueva posición de reposo. La fuerza actúa durante el lapso que dura el cambio del movimiento y es de una magnitud proporcional a la razón de cambio. Esto es, si se altera bruscamente la velocidad en 10 nudos se ejercerá un gran momento durante un pequeño lapso, en cambio, si se altera la misma cantidad gradualmente, se ejercerá un momento más pequeño; pero durante un mayor tiempo. La precesión total en ambos casos es la misma. El momento ejercido por cualquiera alteración de velocidad o rumbo siempre actúa en la dirección necesaria para hacer preceder el girocompás hacia la nueva posición de reposo. La precesión que resulta de este momento se llama "deflexión balística". Cuando la deflexión balística es exactamente igual a la que altera el error en velocidad, para un cambio de velocidad o rumbo, el girocompás se estaciona rápidamente en el nuevo meridiano virtual y no tendrá error en sus indicaciones. En cambio, cuando la deflexión balística no es igual a la que altera el error en velocidad el error resultante se llama "error por deflexión balística".

Como este error consiste en una serie de oscilaciones decrecientes a través de la posición normal de reposo, es obvio que no se pueda corregir moviendo la línea de fe o la rosa.

Los factores que gobiernan la magnitud del error de velocidad, rumbo y Latitud, también controlan la magnitud de la deflexión balística y la magnitud del período de amortiguamiento del girocompás. En un girocompás bien diseñado, la deflexión balística para cualquiera alteración de velocidad o rumbo puede hacerse igual a la va-

riación del error en velocidad. El período necesario para mantener estas condiciones ha resultado ser 85 minutos para un giro con amortiguamiento. Como el período varía con la Latitud, un giro que no tenga error por deflexión balística en una Latitud, "lo tendrá" en las otras. Esta condición puede corregirse si uno o más de los factores controlables se le hace variable, permitiendo ajustarlo para mantener un mismo período, cualquiera que sea la Latitud.

Los girocompases Sperry usados con fines de navegación solamente se les construye con un período con amortiguamiento fijo de 85 minutos para  $L = 45^\circ$  N o S. Con este período NO hay deflexión balística en latitud  $45^\circ$ . En otra Latitud el error es tan pequeño que no afecta en la seguridad de la nave.

Los girocompases que se usan en conexión con controles de fuego, como debe mantenerse una constante y segura indicación en la dirección de la proa, necesitan algún dispositivo que les permita conservar un período fijo de 85 minutos en toda Latitud. En estos giros, el balístico con mercurio se construye de manera que los depósitos con mercurio pueden acercarse o alejarse en el sentido horizontal en que operan. En el Ecuador los depósitos ocuparán una posición intermedia. En Latitud más al N o S donde el período es normalmente más largo, ocuparán una posición más alejados. Esto produce un momento adicional necesario para causar una razón de precesión más rápida, disminuyendo el período. Para colocar el balístico en la Latitud en que se navega, el soporte de éste tiene un dispositivo especial con una escala de latitud, basta colocarlo en la que navega para corregirlo.

#### 18.29 ERROR DEBIDO AL AMORTIGUAMIENTO BALISTICO.

El error por deflexión balística no puede ser eliminado completamente, debido a que el girocompás no tiene libertad para preceder de manera similar a la forma en que lo hace uno "sin amortiguamiento". Pero las oscilaciones son tomadas amortiguadas en el Sperry y en consecuencia, *el error por deflexión balística no puede ser enteramente eliminado*. El pequeño error introducido por el amortiguamiento es lo que se llama "error por amortiguamiento balístico" y como el error por deflexión balística es oscilatorio, no puede ser corregido girando la línea de fe o la rosa. Por lo demás, este error no se considera en los compases con fines de navegación; pero sí, en los de artillería.

### 18.30 EFECTO DEL BALANCE Y CABECEO DEL BUQUE - TRASLACION PENDULAR.

Por los efectos del balance y cabeceo, el girocompás está sometido a movimientos pendulares, ya que a bordo todo el instrumento se monta en una suspensión Cardán. Las inclinaciones del buque no inclinan al rotor; pero todo balance, además de una inclinación, representa también una traslación en el espacio, como la traslación oscilatoria que experimenta la masa de un péndulo y cuya amplitud depende de la distancia vertical a que está montado el instrumento sobre el metacentro del buque.

Esta traslación en sí, es en realidad una fuerza lineal que no afecta a la orientación del giroscopio, en cualquier sentido que sea, pues su punto de aplicación en el instrumento queda en el centro de suspensión y de gravedad del rotor, por lo tanto, no trata de sacar al eje de rotación de la orientación que tiene.

Sin embargo, la traslación pendular produce "Fuerzas Centrifugas" y de cuyo efecto veremos a continuación y que se denominan "ERRORES CUADRANTES".

### 18.31 FUERZAS CENTRIFUGAS.

Las fuerzas centrifugas se deben a que la masa de un péndulo, al oscilar, recorre un arco de círculo cuyo radio es su largo y su centro es el punto de suspensión. Entonces todas las moléculas

de la masa tienden constantemente a alejarse del eje de oscilación y si la masa no es simétrica con respecto a ese eje, esa tendencia de las moléculas le imprime una torsión a la masa.

En la figura 18.31 tenemos un cuerpo oscilando en el plano A-B, que tratará constantemente de poner el máximo de su masa en dicho plano, pues, estando en él, es como sus moléculas quedan alejadas el máximo del eje de oscilación (EF). Luego, el esfuerzo centrifugo que sus moléculas hacen para alejarse del eje (EF), se convierte en un movimiento de rotación que la masa efectúa hasta colocar su plano en el plano (AB) de oscilación. Estando el cuerpo en esa dirección, vemos que la mayor parte de él se encuentra lo más alejado que puede del eje de oscilación (EF).

En un girocompás existe este esfuerzo de torsión, cuando el buque balancea en un plano de Norte a Sur; es decir, en un plano perpendicular al plano del rotor; el rotor tiende a colocar su plano en el plano de oscilación; es decir, de Norte a Sur.

La manera de anular estas fuerzas es colocar masas en un plano perpendicular al plano donde se encuentra acumulada la masa del rotor, en masas que, a su vez, adquieren los mismos esfuerzos centrifugos que se opongan a los del rotor.

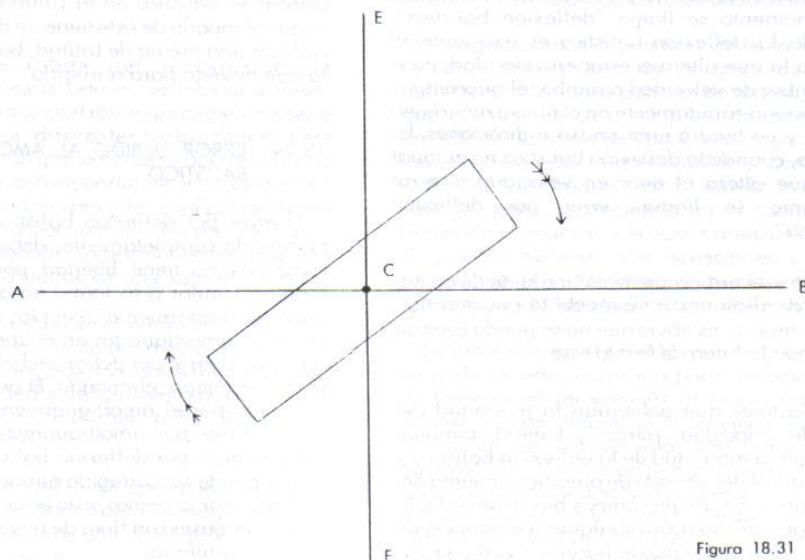


Figura 18.31



Con estas masas compensadoras, adheridas al cuerpo colgante, éste se comporta mecánicamente como si fuera una esfera, y desaparecerá su tendencia a girar cuando pendulea.

Las masas se colocan de manera que el centro de gravedad coincide con el del rotor, y se montan en el anillo vertical del giroscopio.

Para el objeto que se persigue, podría hacerse firmes a la caja del rotor, pero en esta forma modificarían el centro de gravedad del rotor, corriéndolo hacia el punto donde las masas se hacen firmes a la caja. En cambio, haciéndolas firmes al anillo vertical del giroscopio, se oponen a la torsión de este anillo alrededor del eje vertical y por lo tanto, evitan la misma torsión a la caja que va unida al anillo por el eje horizontal y del giroscopio. El desequilibrio que introducen sobre el anillo es en un plano Norte Sur, pero el anillo puede oscilar libremente en este plano, sin arrastrar a la caja ni al rotor ya que el eje que los une es horizontal de Este a Oeste.

### 18.32 FUERZAS DE ACCELERACION.

Para poder estudiar el efecto que tiene sobre el compás los esfuerzos de inercia cuando el buque cabecea y balancea, hay que considerar los diferentes rumbos a que puede estar navegando el buque.

Consideramos únicamente el balance, ya que el cabeceo es mucho menor y que éste en un buque navegando al Este equivale al otro navegando al Norte.

1) Rumbo N o S. En este caso la aceleración y con ella la inercia actúa en el plano E-W.

El compás con toda su masa colgante pendulea en el plano de la rueda. Las cajas de mercurio se columpian con la caja del rotor y así lo hará también el pivote excéntrico.

El movimiento altera la distancia del pivote excéntrico al plano vertical que pasa por el eje del rotor, haciendo alternativamente mayor y menor el torque de amortiguamiento de su valor normal, manteniéndose, sin embargo, invariable la presión en el pivote. Esta variación tiene lugar cada pocos segundos y, por lo tanto, el balance de un lado neutraliza el del otro lado antes de que el compás se vea afectado. De esto se desprende que en estos rumbos no hay error debido al balance.

2) Rumbo E - W. Las aceleraciones hacia uno y otro lado en estos rumbos obran en el plano N-S,

de manera que el anillo vertical, fantasma y araña se columpian sobre sus muñones en este plano. La caja y el rotor, sin embargo, permanecen verticales debido a la inercia del rotor (rigidez giroscópica). Desde el momento que las cajas de mercurio están unidas al rotor por medio del pivote excéntrico, no podrán inclinarse pero el mercurio, estando libre de moverse, fluye de una caja a otra como consecuencia de su inercia. Este desplazamiento alternativo del mercurio produce una extra presión primero sobre el lado N y después sobre el S de la caja en el pivote excéntrico.

A pesar de que no hay variación en la distancia del pivote excéntrico al plano vertical que pasa por el centro del rotor, esta presión variable hace que el torque de amortiguamiento sea alternativamente más grande y más chico que su valor normal.

Este resultado es el mismo obtenido en el caso 1), y por lo tanto, su efecto sobre el compás es nulo.

3) Rumbo Intercardinal. En este caso las aceleraciones para una y otra banda pueden dividirse en aceleraciones N-S combinadas con aceleraciones E-W.

El pivote excéntrico se columpiará de E a W de su posición normal, mientras que el mercurio fluirá alternativamente de una caja a otra, produciendo presión ya al lado Norte o Sur sobre el pivote.

Si el mercurio estuviera completamente libre para fluir de un lado a otro, el máximo desplazamiento de mercurio, y por lo tanto, la máxima presión sobre el pivote ocurriría en el extremo del balance, cuando, el pivote esté desplazado al máximo de su posición normal. Esto producirá, por ejemplo, una presión hacia el Norte sobre la caja con el pivote al Este de su posición normal y una presión hacia el S con el pivote al W de su posición normal. De manera que ambas partes del balance producirán un torque en el plano horizontal en el W-S-E. Desde el momento que este torque obra siempre en el mismo sentido, su efecto será acumulativo, inclinando por consiguiente el eje del rotor que empezará a preceder. En realidad, debido a la viscosidad del mercurio y a la fricción contra las paredes del tubo de comunicación que es de diámetro muy pequeño, el mercurio no está completamente libre para fluir de una caja a otra, sufriendo por lo tanto un retardo con respecto al balance.

El diámetro del tubo de unión es tal, que para todos los periodos de balance, el retardo sea muy



cerca de un cuarto de período, de manera que el máximo desplazamiento de mercurio ocurre cuando el buque está adrizado; o sea, que cuando el pivote está en su posición extrema, no habrá presión sobre él, ya que el mercurio estará igualmente esparcido en las dos cajas. Consecuentemente, en el balance hacia una banda habrá una presión disminuyendo sobre un brazo de palanca que está aumentando, mientras que en el balance hacia la otra banda habrá una presión aumentando en la dirección opuesta, sobre un brazo de palanca que está disminuyendo.

El resultado es que el torque producido durante el balance hacia una banda es neutralizado por el producido por el balance hacia la otra banda, lo que evitará que se produzca un error de balance.

Al construir un girocompás, es muy difícil conseguir que el retardo del mercurio sea igual a un cuarto del período de balance, y para neutralizar el pequeño error de balance que esta falta engendra, se bajan o suben ligeramente los pesos que van sobre los lados de las cajas de mercurio, con lo cual se origina un error igual y opuesto al existente. En efecto las cajas de mercurio, con su marco, tubo de unión y pie, están construidas de tal manera que vacías estén perfectamente "balanceadas" sobre su eje horizontal, la parte de arriba contra la de abajo, para lo cual se han ajustado los pesos que van encima de las tapas de las cajas.

Al mover estos pesos hacia arriba o abajo, (debe tener cuidado de mover los dos pesos, tanto de la caja N como de la S exactamente la misma cantidad) se hace el control de gravedad pesado en las mismas direcciones, produciendo, por lo tanto, esfuerzos de inercia propios (aparte de los del mercurio) que se ajustan para contrarrestar los del mercurio.

Este ajuste es hecho cuando el compás es balanceado en la mesa de columpio en un observatorio de girocompases y, por eso, estos pesos JAMAS DEBEN MOVERSE A BORDO.

#### 18.33 ANALISIS DE ALGUNOS AJUSTES PARA LA POSICION DE REPOSO DEL GIROCOMPAS.

##### EFFECTO DE TORSION EN LA SUSPENSION.

Supongamos una pequeña torsión a la izquierda en la suspensión (sentido Este-Norte-West). Esta torsión constituye una fuerza horizontal que trata de desviar al extremo N del eje de rotación hacia el West cuando el giro está

parado; y cuando el giro está funcionando, será una fuerza angular horizontal que hará preceder verticalmente hacia abajo al extremo Norte del eje de rotación.

Al inclinarse para abajo, pasará más mercurio a la caja Norte, originando una precesión del eje de rotación hacia arriba y al Este. Esta precesión es la resultante de la gravitación sobre el pivote que, debido a la excentricidad, la descompone en dos fuerzas, una horizontal y otra vertical, resultando la precesión anteriormente indicada. Al inclinarse hacia arriba la caja Norte, comenzará a pasar mercurio a la caja Sur, hasta producirse el equilibrio inicial.

Si en este momento "la torsión" desapareciera, la inclinación abajo producida por ella, habría sido anulada por la inclinación arriba ocasionada por el exceso de mercurio en la caja Norte. (No se ha tomado todavía en cuenta el efecto de la rotación aparente, para mayor claridad) y el eje describiría normalmente su espiral convergente hasta llegar al punto de reposo en la horizontal, y el mercurio en las cajas quedaría distribuido normalmente.

Como lo anterior no sucede puesto que la torsión no ha desaparecido, se tendrá debido a ella, siempre una inclinación abajo como se ha explicado más arriba y más mercurio en la caja Norte, causa por la cual el eje se queda atrás en su persecución al meridiano; pero al preceder al Este, es decir, al quedar fuera de su posición de reposo, actuará la rotación aparente que levantará al eje que se encontraba inclinado, produciendo un paso de mercurio de la caja Norte a la Sur, el que cesará cuando el eje se encuentre horizontal, momento en que se produce el equilibrio en las cajas de mercurio y se mantendrá en esta posición, siguiendo el meridiano; pero al Este del correcto punto de reposo, una cantidad igual al efecto de la torsión. La torsión produce un desvío igual, pero en sentido contrario al efecto de ella.

#### 18.34 EFECTOS DE UN PESO DESBALANCEADO EN LA TAPA NORTE DE LA CAJA DEL ROTOR.

Supongamos ahora un peso desbalanceado gravitando en la parte Norte de la caja del rotor. El efecto inmediato será que el extremo Norte del eje de rotación precederá al Este. Después de algunas oscilaciones en espiral, el instrumento quedará en reposo.

Sin este equilibrio, el giro necesita un torque vertical que le permita constantemente preceder hacia el meridiano, torque que es producido por



exceso de mercurio en una de las cajas del balístico, el que a su vez, es originado por una inclinación del eje.

Ahora, como un peso en el lado Norte de la caja viene a producir parte del torque que antes producía el mercurio, resulta que una cantidad de éste se irá ahora a la caja Sur del balístico, para contrabalancear exactamente el efecto del peso.

En resumen, la nueva posición de reposo será con el extremo Norte ligeramente levantado de la horizontal.

Pero todavía queda por considerar que el peso de la tapa Norte está obrando verticalmente en el extremo Norte del eje, pero el exceso de mercurio que se ha ido a la caja Sur del balístico, está obrando en dos formas, o con dos componentes sobre el pivote: vertical y lateralmente, debido a la excentricidad del pivote. Introduce, por lo tanto, un torque horizontal en sentido Este-Norte-Occidente sobre el rotor; y como se ha explicado antes, esta acción excéntrica produce desvío al Este.

Es decir, el peso desbalanceado en el lado Norte de la caja del rotor, produce en total:

1. Inclinación hacia arriba.
2. Desvío al Este.

Si el peso se coloca en el lado Sur de la caja del rotor su efecto será:

1. Extremo Norte más deprimido.
2. Extremo Norte más hacia el Oeste.

**COROLARIO.** Si el peso colocado es tal, que produce exactamente el torque vertical necesario para que el rotor preceda hacia el meridiano, entonces no habrá exceso de mercurio en ninguna caja del balístico, ni acción del balístico sobre el pivote excéntrico, ni torque lateral. El giro se orientará, entonces, con su eje horizontal y en el meridiano. En este caso el error de azimut debido al peso desbalanceado, anulará exactamente al error de Latitud (error de excentricidad).

Esto nos demuestra que la desviación en azimut que resulta, al tener el girocompás su balance horizontal malo, se debe exclusivamente a la excentricidad del pivote.

#### 18.35 EFECTOS DE UN PESO DESBALANCEADO EN UNA CAJA DEL BALÍSTICO.

Si se coloca un peso a la caja Norte del balístico su efecto inmediato es producir precesión al Este y hacia arriba del extremo Norte del eje, porque el peso provoca acción hacia el Sur en el pivote excéntrico. Luego el instrumento oscilará hasta quedar en una nueva posición de reposo. Como en el caso anterior habrá, en ambas posiciones de reposo, el mismo torque vertical y, por lo tanto, en la posición de reposo final se habrá desplazado mercurio del Norte al Sur para contrabalancear exactamente el peso de la caja Norte.

El exceso de mercurio al Sur y el peso en el Norte, produce su efecto sobre el rotor por medio del pivote y, por lo tanto, habrá la misma acción sobre el pivote, en ambas posiciones de reposo.

Es decir, la posición de reposo con peso, difiere de la sin peso, solamente en que el eje se encontrará levantado en el lado donde está el peso, pero no hay diferencia de orientación, porque no hay diferencia en el torque horizontal que obra sobre el rotor.

## A P E N D I C E S

|                 |                                                                                               |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| "A"             | Longitud en mm. de una milla náutica según las escalas de las cartas del SHOA                 |
| "B"             | Conversión de yardas a metros                                                                 |
| "C"             | Conversión de pies a metros                                                                   |
| "D"             | Conversión de brazas a metros                                                                 |
| "E"             | Conversión de millas náuticas a kilómetros y viceversa                                        |
| "F"             | Conversión de arco a tiempo                                                                   |
| "G"             | Medidas y equivalencias                                                                       |
| "H"             | Escala y medición del tiempo y mar                                                            |
| "I"             | Conversión de radiodemarkaciones                                                              |
| "J"             | Distancia al horizonte                                                                        |
| "K"             | Conversión de milímetros a milibares                                                          |
| "L"             | Conversión de grados centígrados a Fahrenheit                                                 |
| "M"             | Conversión de milímetros a pulgadas de mercurio                                               |
| Carta SHOA N° 1 | Símbolos Convencionales y Abreviaturas usadas en las cartas publicadas por la Armada de Chile |
| Carta SHOA N° 3 | Resumen Gráfico del Reglamento Internacional para Prevenir los Abordajes                      |



# APENDICE "A"

Longitud en mm. que tiene una milla náutica (1.852 metros), en las diferentes escalas de las cartas del SHOA

| Escala | Natural | Milímetros | Escala | Natural   | Milímetros |
|--------|---------|------------|--------|-----------|------------|
| 1 :    | 2.000   | 926,0      | 1 :    | 30.000    | 61,7       |
|        | 2.500   | 740,8      |        | 40.000    | 46,3       |
|        | 3.000   | 617,3      |        | 50.000    | 37,0       |
|        | 3.500   | 529,0      |        | 60.000    | 30,9       |
|        | 4.000   | 463,0      |        | 70.000    | 26,5       |
|        | 4.500   | 411,5      |        | 80.000    | 23,2       |
|        | 5.000   | 370,4      |        | 90.000    | 20,6       |
|        | 5.500   | 336,7      |        | 100.000   | 18,5       |
|        | 6.000   | 308,7      |        | 120.000   | 15,4       |
|        | 6.500   | 284,9      |        | 150.000   | 12,3       |
|        | 7.000   | 264,5      |        | 200.000   | 9,3        |
|        | 7.500   | 246,9      |        | 250.000   | 7,4        |
|        | 8.000   | 231,5      |        | 300.000   | 6,2        |
|        | 8.500   | 217,8      |        | 350.000   | 5,3        |
|        | 9.000   | 205,8      |        | 400.000   | 4,6        |
|        | 9.500   | 194,9      |        | 450.000   | 4,1        |
|        | 10.000  | 185,2      |        | 500.000   | 3,7        |
|        | 15.000  | 123,4      |        | 550.000   | 3,4        |
|        | 20.000  | 92,6       |        | 1.000.000 | 1,9        |
|        | 25.000  | 74,1       |        | -----     | ---        |

Se aplican las siguientes fórmulas:

a) Long. en mm. de una milla náutica = 1.852.000 x Escala natural.

b) Escala natural =  $\frac{1}{1.852.000}$  x Long. en mm. de una milla náutica.

# APENDICE "B"

## CONVERSION DE YARDAS A METROS

1 yarda = 0,9144 metros.

| Yardas | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0      | 0     | 0.9   | 1.8   | 2.7   | 3.7   | 4.6   | 5.5   | 6.4   | 7.3   | 8.2   |
| 10     | 9.1   | 10.1  | 11.0  | 11.9  | 12.8  | 13.7  | 14.6  | 15.5  | 16.5  | 17.4  |
| 20     | 18.3  | 19.2  | 20.1  | 21.0  | 21.9  | 22.9  | 23.8  | 24.7  | 25.6  | 26.5  |
| 30     | 27.4  | 28.3  | 29.3  | 30.2  | 31.1  | 32.0  | 32.9  | 33.8  | 34.7  | 35.7  |
| 40     | 36.6  | 37.5  | 38.4  | 39.3  | 40.2  | 41.1  | 42.1  | 43.0  | 43.9  | 44.8  |
| 50     | 45.7  | 46.6  | 47.5  | 48.5  | 49.4  | 50.3  | 51.2  | 52.1  | 53.0  | 53.9  |
| 60     | 54.9  | 55.8  | 56.7  | 57.6  | 58.5  | 59.4  | 60.4  | 61.3  | 62.2  | 63.1  |
| 70     | 64.0  | 64.9  | 65.8  | 66.8  | 67.7  | 68.6  | 69.5  | 70.4  | 71.3  | 72.2  |
| 80     | 73.2  | 74.1  | 75.0  | 75.9  | 76.8  | 77.7  | 78.6  | 79.6  | 80.5  | 81.4  |
| 90     | 82.3  | 83.2  | 84.1  | 85.0  | 85.9  | 86.9  | 87.8  | 88.7  | 89.6  | 90.5  |
| Yardas | 00    | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    |
| 100    | 91.4  | 100.6 | 109.7 | 118.9 | 128.0 | 137.1 | 146.3 | 155.4 | 164.6 | 173.7 |
| 200    | 182.9 | 192.0 | 201.2 | 210.3 | 219.5 | 228.6 | 237.7 | 246.9 | 256.0 | 265.2 |
| 300    | 274.3 | 283.5 | 292.6 | 301.7 | 310.9 | 320.0 | 329.2 | 338.3 | 347.5 | 356.6 |
| 400    | 365.8 | 374.9 | 384.0 | 393.2 | 402.3 | 411.5 | 420.6 | 429.8 | 438.9 | 448.0 |
| 500    | 457.2 | 466.3 | 475.5 | 484.6 | 493.8 | 502.9 | 512.1 | 521.2 | 530.4 | 539.5 |
| 600    | 548.6 | 557.8 | 566.9 | 576.1 | 585.2 | 594.4 | 603.5 | 612.6 | 621.8 | 630.9 |
| 700    | 640.1 | 649.2 | 658.4 | 667.5 | 676.7 | 685.8 | 694.9 | 704.1 | 713.2 | 722.4 |
| 800    | 731.5 | 740.7 | 749.8 | 758.9 | 768.1 | 777.2 | 786.4 | 795.5 | 804.7 | 813.8 |
| 900    | 823.0 | 832.1 | 841.2 | 850.4 | 859.5 | 868.7 | 877.8 | 887.0 | 896.1 | 905.3 |
| Yardas | 000   | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   |
| 1000   | 914   | 1006  | 1097  | 1189  | 1280  | 1371  | 1463  | 1554  | 1646  | 1737  |
| 2000   | 1829  | 1920  | 2012  | 2103  | 2195  | 2286  | 2377  | 2469  | 2560  | 2652  |
| 3000   | 2743  | 2835  | 2926  | 3017  | 3109  | 3200  | 3292  | 3383  | 3475  | 3566  |
| 4000   | 3658  | 3749  | 3840  | 3932  | 4023  | 4115  | 4206  | 4298  | 4389  | 4480  |
| 5000   | 4572  | 4663  | 4755  | 4846  | 4938  | 5029  | 5121  | 5212  | 5304  | 5395  |
| 6000   | 5486  | 5578  | 5669  | 5761  | 5852  | 5944  | 6035  | 6126  | 6218  | 6309  |
| 7000   | 6401  | 6492  | 6584  | 6675  | 6767  | 6858  | 6949  | 7041  | 7132  | 7224  |
| 8000   | 7315  | 7407  | 7498  | 7589  | 7681  | 7772  | 7864  | 7955  | 8047  | 8138  |
| 9000   | 8230  | 8321  | 8412  | 8504  | 8595  | 8687  | 8778  | 8870  | 8961  | 9053  |



# APENDICE "C"

## CONVERSION DE PIES A METROS

1 pie = 0,3048 metros.

| Pies | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0    | 0,0   | 0,3   | 0,6   | 0,9   | 1,2   | 1,5   | 1,8   | 2,1   | 2,4   | 2,7   |
| 10   | 3,0   | 3,4   | 3,7   | 4,0   | 4,3   | 4,6   | 4,9   | 5,2   | 5,5   | 5,8   |
| 20   | 6,1   | 6,4   | 6,7   | 7,0   | 7,3   | 7,6   | 7,9   | 8,2   | 8,5   | 8,8   |
| 30   | 9,1   | 9,4   | 9,8   | 10,1  | 10,4  | 10,7  | 11,0  | 11,3  | 11,6  | 11,9  |
| 40   | 12,2  | 12,5  | 12,8  | 13,1  | 13,4  | 13,7  | 14,0  | 14,3  | 14,6  | 14,9  |
| 50   | 15,2  | 15,5  | 15,8  | 16,1  | 16,5  | 16,8  | 17,1  | 17,4  | 17,7  | 18,0  |
| 60   | 18,3  | 18,6  | 18,9  | 19,2  | 19,5  | 19,8  | 20,1  | 20,4  | 20,7  | 21,0  |
| 70   | 21,3  | 21,6  | 21,9  | 22,3  | 22,6  | 22,9  | 23,2  | 23,5  | 23,8  | 24,1  |
| 80   | 24,4  | 24,7  | 25,0  | 25,3  | 25,6  | 25,9  | 26,2  | 26,5  | 26,8  | 27,1  |
| 90   | 27,4  | 27,7  | 28,0  | 28,3  | 28,7  | 29,0  | 29,3  | 29,6  | 29,9  | 30,2  |
| Pies | 0     | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    |
| 100  | 30,5  | 33,5  | 36,6  | 39,6  | 42,7  | 45,7  | 48,8  | 51,8  | 54,9  | 57,9  |
| 200  | 61,0  | 64,0  | 67,1  | 70,1  | 73,2  | 76,2  | 79,2  | 82,3  | 85,3  | 88,4  |
| 300  | 91,4  | 94,5  | 97,5  | 100,6 | 103,6 | 106,7 | 109,7 | 112,8 | 115,8 | 118,9 |
| 400  | 121,9 | 125,0 | 128,0 | 131,1 | 134,1 | 137,2 | 140,2 | 143,3 | 146,3 | 149,4 |
| 500  | 152,4 | 155,4 | 158,5 | 161,5 | 164,6 | 167,6 | 170,7 | 173,7 | 176,8 | 179,8 |
| 600  | 182,9 | 185,9 | 189,0 | 192,0 | 195,1 | 198,1 | 201,2 | 204,2 | 207,3 | 210,3 |
| 700  | 213,4 | 216,4 | 219,5 | 222,5 | 225,6 | 228,6 | 231,6 | 234,7 | 237,7 | 240,8 |
| 800  | 243,8 | 246,9 | 249,9 | 253,0 | 256,0 | 259,1 | 262,1 | 265,2 | 268,2 | 271,3 |
| 900  | 274,3 | 277,4 | 280,4 | 283,5 | 286,5 | 289,6 | 292,6 | 295,7 | 298,7 | 301,8 |
| Pies | 000   | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   |
| 1000 | 305   | 335   | 366   | 396   | 427   | 457   | 488   | 518   | 549   | 579   |
| 2000 | 610   | 640   | 671   | 701   | 732   | 762   | 792   | 823   | 853   | 884   |
| 3000 | 914   | 945   | 975   | 1006  | 1036  | 1067  | 1097  | 1128  | 1158  | 1189  |
| 4000 | 1219  | 1250  | 1280  | 1311  | 1341  | 1372  | 1402  | 1433  | 1463  | 1494  |
| 5000 | 1524  | 1554  | 1585  | 1615  | 1646  | 1676  | 1707  | 1737  | 1768  | 1798  |
| 6000 | 1829  | 1859  | 1890  | 1920  | 1951  | 1981  | 2012  | 2042  | 2073  | 2103  |
| 7000 | 2134  | 2164  | 2195  | 2225  | 2256  | 2286  | 2316  | 2347  | 2377  | 2408  |
| 8000 | 2438  | 2469  | 2499  | 2530  | 2560  | 2591  | 2621  | 2652  | 2682  | 2713  |
| 9000 | 2743  | 2774  | 2804  | 2835  | 2865  | 2896  | 2926  | 2957  | 2987  | 3018  |

# APENDICE "D"

## CONVERSION DE BRAZAS A METROS

1 braza = 1,8288 metros.

| Brazas | 0     | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 0      | 0,0   | 1,8   | 3,7   | 5,5   | 7,3   | 9,1   | 11,0  | 12,8  | 14,6  | 16,5  |
| 10     | 18,3  | 20,1  | 21,9  | 23,8  | 25,6  | 27,4  | 29,3  | 31,1  | 32,9  | 34,7  |
| 20     | 36,6  | 38,4  | 40,2  | 42,1  | 43,9  | 45,7  | 47,5  | 49,4  | 51,2  | 53,0  |
| 30     | 54,9  | 56,7  | 58,5  | 60,3  | 62,2  | 64,0  | 65,8  | 67,7  | 69,5  | 71,3  |
| 40     | 73,2  | 75,0  | 76,8  | 78,6  | 80,5  | 82,3  | 84,1  | 86,0  | 87,8  | 89,6  |
| 50     | 91,4  | 93,3  | 95,1  | 96,9  | 98,8  | 100,6 | 102,4 | 104,2 | 106,1 | 107,9 |
| 60     | 109,7 | 111,6 | 113,4 | 115,2 | 117,0 | 118,9 | 120,7 | 122,5 | 124,4 | 126,2 |
| 70     | 128,0 | 129,8 | 131,7 | 133,5 | 135,3 | 137,2 | 139,0 | 140,8 | 142,6 | 144,5 |
| 80     | 146,3 | 148,1 | 150,0 | 151,8 | 153,6 | 155,4 | 157,3 | 159,1 | 160,9 | 162,8 |
| 90     | 164,6 | 166,4 | 168,2 | 170,1 | 171,9 | 173,7 | 175,6 | 177,4 | 179,2 | 181,0 |
| Brazas | 0     | 10    | 20    | 30    | 40    | 50    | 60    | 70    | 80    | 90    |
| 100    | 182,9 | 201,2 | 219,5 | 237,7 | 256,0 | 274,3 | 292,6 | 310,9 | 329,2 | 347,5 |
| 200    | 365,8 | 384,0 | 402,3 | 420,6 | 438,9 | 457,2 | 475,5 | 493,8 | 512,1 | 530,3 |
| 300    | 549   | 567   | 585   | 603   | 622   | 640   | 658   | 677   | 695   | 713   |
| 400    | 732   | 750   | 768   | 786   | 805   | 823   | 841   | 860   | 878   | 896   |
| 500    | 914   | 933   | 951   | 969   | 988   | 1006  | 1024  | 1042  | 1061  | 1079  |
| 600    | 1097  | 1116  | 1134  | 1152  | 1170  | 1189  | 1207  | 1225  | 1244  | 1262  |
| 700    | 1280  | 1298  | 1317  | 1335  | 1353  | 1372  | 1390  | 1408  | 1426  | 1445  |
| 800    | 1463  | 1481  | 1500  | 1518  | 1536  | 1554  | 1573  | 1591  | 1609  | 1628  |
| 900    | 1646  | 1664  | 1682  | 1701  | 1719  | 1737  | 1756  | 1774  | 1792  | 1810  |
| Brazas | 0     | 100   | 200   | 300   | 400   | 500   | 600   | 700   | 800   | 900   |
| 1000   | 1829  | 2012  | 2195  | 2377  | 2560  | 2743  | 2926  | 3109  | 3292  | 3475  |
| 2000   | 3658  | 3840  | 4023  | 4206  | 4389  | 4572  | 4755  | 4938  | 5121  | 5303  |
| 3000   | 5486  | 5669  | 5852  | 6035  | 6218  | 6401  | 6584  | 6766  | 6949  | 7132  |
| 4000   | 7315  | 7498  | 7681  | 7864  | 8047  | 8229  | 8412  | 8595  | 8778  | 8961  |
| 5000   | 9144  | 9327  | 9510  | 9692  | 9875  | 10058 | 10241 | 10424 | 10607 | 10790 |



# APENDICE "E"

## CONVERSION MILLAS NAUTICAS A KILOMETROS

### Y VICE-VERSA.

| MILLAS NAUTICAS | KILOMETROS | KILOMETROS | MILLAS NAUTICAS |
|-----------------|------------|------------|-----------------|
| 1               | 1,85       | 1          | 0,54            |
| 2               | 3,70       | 2          | 1,08            |
| 3               | 5,56       | 3          | 1,62            |
| 4               | 7,41       | 4          | 2,16            |
| 5               | 9,26       | 5          | 2,70            |
| 6               | 11,11      | 6          | 3,24            |
| 7               | 12,96      | 7          | 3,78            |
| 8               | 14,82      | 8          | 4,32            |
| 9               | 16,67      | 9          | 4,86            |
| 10              | 18,52      | 10         | 5,40            |
| 20              | 37,04      | 20         | 10,80           |
| 30              | 55,56      | 30         | 16,20           |
| 40              | 74,08      | 40         | 21,60           |
| 50              | 92,60      | 50         | 27,00           |
| 60              | 111,12     | 60         | 32,40           |
| 70              | 129,64     | 70         | 37,80           |
| 80              | 148,16     | 80         | 43,20           |
| 90              | 166,68     | 90         | 48,60           |
| 100             | 185,20     | 100        | 54,00           |

## APENDICE "F"

## CONVERSION DE ARCO A TIEMPO

| °  | h m  | °   | h m  | °   | h m   | °   | h m   | °   | h m   | °   | h m   | "  | s    | '  | m s  |
|----|------|-----|------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|-----|-------|----|------|----|------|
| 0  | 0 0  | 60  | 4 0  | 120 | 8 0   | 180 | 12 0  | 240 | 16 0  | 300 | 20 0  | 0  | 0.00 | 0  | 0 0  |
| 1  | 0 4  | 61  | 4 4  | 121 | 8 4   | 181 | 12 4  | 241 | 16 4  | 301 | 20 4  | 1  | 0.07 | 1  | 0 4  |
| 2  | 0 8  | 62  | 4 8  | 122 | 8 8   | 182 | 12 8  | 242 | 16 8  | 302 | 20 8  | 2  | 0.13 | 2  | 0 8  |
| 3  | 0 12 | 63  | 4 12 | 123 | 8 12  | 183 | 12 12 | 243 | 16 12 | 303 | 20 12 | 3  | 0.20 | 3  | 0 12 |
| 4  | 0 16 | 64  | 4 16 | 124 | 8 16  | 184 | 12 16 | 244 | 16 16 | 304 | 20 16 | 4  | 0.27 | 4  | 0 16 |
| 5  | 0 20 | 65  | 4 20 | 125 | 8 20  | 185 | 12 20 | 245 | 16 20 | 305 | 20 20 | 5  | 0.33 | 5  | 0 20 |
| 6  | 0 24 | 66  | 4 24 | 126 | 8 24  | 186 | 12 24 | 246 | 16 24 | 306 | 20 24 | 6  | 0.40 | 6  | 0 24 |
| 7  | 0 28 | 67  | 4 28 | 127 | 8 28  | 187 | 12 28 | 247 | 16 28 | 307 | 20 28 | 7  | 0.47 | 7  | 0 28 |
| 8  | 0 32 | 68  | 4 32 | 128 | 8 32  | 188 | 12 32 | 248 | 16 32 | 308 | 20 32 | 8  | 0.53 | 8  | 0 32 |
| 9  | 0 36 | 69  | 4 36 | 129 | 8 36  | 189 | 12 36 | 249 | 16 36 | 309 | 20 36 | 9  | 0.60 | 9  | 0 36 |
| 10 | 0 40 | 70  | 4 40 | 130 | 8 40  | 190 | 12 40 | 250 | 16 40 | 310 | 20 40 | 10 | 0.67 | 10 | 0 40 |
| 11 | 0 44 | 71  | 4 44 | 131 | 8 44  | 191 | 12 44 | 251 | 16 44 | 311 | 20 44 | 11 | 0.73 | 11 | 0 44 |
| 12 | 0 48 | 72  | 4 48 | 132 | 8 48  | 192 | 12 48 | 252 | 16 48 | 312 | 20 48 | 12 | 0.80 | 12 | 0 48 |
| 13 | 0 52 | 73  | 4 52 | 133 | 8 52  | 193 | 12 52 | 253 | 16 52 | 313 | 20 52 | 13 | 0.87 | 13 | 0 52 |
| 14 | 0 56 | 74  | 4 56 | 134 | 8 56  | 194 | 12 56 | 254 | 16 56 | 314 | 20 56 | 14 | 0.93 | 14 | 0 56 |
| 15 | 1 0  | 75  | 5 0  | 135 | 9 0   | 195 | 13 0  | 255 | 17 0  | 315 | 21 0  | 15 | 1.00 | 15 | 1 0  |
| 16 | 1 4  | 76  | 5 4  | 136 | 9 4   | 196 | 13 4  | 256 | 17 4  | 316 | 21 4  | 16 | 1.07 | 16 | 1 4  |
| 17 | 1 8  | 77  | 5 8  | 137 | 9 8   | 197 | 13 8  | 257 | 17 8  | 317 | 21 8  | 17 | 1.13 | 17 | 1 8  |
| 18 | 1 12 | 78  | 5 12 | 138 | 9 12  | 198 | 13 12 | 258 | 17 12 | 318 | 21 12 | 18 | 1.20 | 18 | 1 12 |
| 19 | 1 16 | 79  | 5 16 | 139 | 9 16  | 199 | 13 16 | 259 | 17 16 | 319 | 21 16 | 19 | 1.27 | 19 | 1 16 |
| 20 | 1 20 | 80  | 5 20 | 140 | 9 20  | 200 | 13 20 | 260 | 17 20 | 320 | 21 20 | 20 | 1.33 | 20 | 1 20 |
| 21 | 1 24 | 81  | 5 24 | 141 | 9 24  | 201 | 13 24 | 261 | 17 24 | 321 | 21 24 | 21 | 1.40 | 21 | 1 24 |
| 22 | 1 28 | 82  | 5 28 | 142 | 9 28  | 202 | 13 28 | 262 | 17 28 | 322 | 21 28 | 22 | 1.47 | 22 | 1 28 |
| 23 | 1 32 | 83  | 5 32 | 143 | 9 32  | 203 | 13 32 | 263 | 17 32 | 323 | 21 32 | 23 | 1.53 | 23 | 1 32 |
| 24 | 1 36 | 84  | 5 36 | 144 | 9 36  | 204 | 13 36 | 264 | 17 36 | 324 | 21 36 | 24 | 1.60 | 24 | 1 36 |
| 25 | 1 40 | 85  | 5 40 | 145 | 9 40  | 205 | 13 40 | 265 | 17 40 | 325 | 21 40 | 25 | 1.67 | 25 | 1 40 |
| 26 | 1 44 | 86  | 5 44 | 146 | 9 44  | 206 | 13 44 | 266 | 17 44 | 326 | 21 44 | 26 | 1.73 | 26 | 1 44 |
| 27 | 1 48 | 87  | 5 48 | 147 | 9 48  | 207 | 13 48 | 267 | 17 48 | 327 | 21 48 | 27 | 1.80 | 27 | 1 48 |
| 28 | 1 52 | 88  | 5 52 | 148 | 9 52  | 208 | 13 52 | 268 | 17 52 | 328 | 21 52 | 28 | 1.87 | 28 | 1 52 |
| 29 | 1 56 | 89  | 5 56 | 149 | 9 56  | 209 | 13 56 | 269 | 17 56 | 329 | 21 56 | 29 | 1.93 | 29 | 1 56 |
| 30 | 2 0  | 90  | 6 0  | 150 | 10 0  | 210 | 14 0  | 270 | 18 0  | 330 | 22 0  | 30 | 2.00 | 30 | 2 0  |
| 31 | 2 4  | 91  | 6 4  | 151 | 10 4  | 211 | 14 4  | 271 | 18 4  | 331 | 22 4  | 31 | 2.07 | 31 | 2 4  |
| 32 | 2 8  | 92  | 6 8  | 152 | 10 8  | 212 | 14 8  | 272 | 18 8  | 332 | 22 8  | 32 | 2.13 | 32 | 2 8  |
| 33 | 2 12 | 93  | 6 12 | 153 | 10 12 | 213 | 14 12 | 273 | 18 12 | 333 | 22 12 | 33 | 2.20 | 33 | 2 12 |
| 34 | 2 16 | 94  | 6 16 | 154 | 10 16 | 214 | 14 16 | 274 | 18 16 | 334 | 22 16 | 34 | 2.27 | 34 | 2 16 |
| 35 | 2 20 | 95  | 6 20 | 155 | 10 20 | 215 | 14 20 | 275 | 18 20 | 335 | 22 20 | 35 | 2.33 | 35 | 2 20 |
| 36 | 2 24 | 96  | 6 24 | 156 | 10 24 | 216 | 14 24 | 276 | 18 24 | 336 | 22 24 | 36 | 2.40 | 36 | 2 24 |
| 37 | 2 28 | 97  | 6 28 | 157 | 10 28 | 217 | 14 28 | 277 | 18 28 | 337 | 22 28 | 37 | 2.47 | 37 | 2 28 |
| 38 | 2 32 | 98  | 6 32 | 158 | 10 32 | 218 | 14 32 | 278 | 18 32 | 338 | 22 32 | 38 | 2.53 | 38 | 2 32 |
| 39 | 2 36 | 99  | 6 36 | 159 | 10 36 | 219 | 14 36 | 279 | 18 36 | 339 | 22 36 | 39 | 2.60 | 39 | 2 36 |
| 40 | 2 40 | 100 | 6 40 | 160 | 10 40 | 220 | 14 40 | 280 | 18 40 | 340 | 22 40 | 40 | 2.67 | 40 | 2 40 |
| 41 | 2 44 | 101 | 6 44 | 161 | 10 44 | 221 | 14 44 | 281 | 18 44 | 341 | 22 44 | 41 | 2.73 | 41 | 2 44 |
| 42 | 2 48 | 102 | 6 48 | 162 | 10 48 | 222 | 14 48 | 282 | 18 48 | 342 | 22 48 | 42 | 2.80 | 42 | 2 48 |
| 43 | 2 52 | 103 | 6 52 | 163 | 10 52 | 223 | 14 52 | 283 | 18 52 | 343 | 22 52 | 43 | 2.87 | 43 | 2 52 |
| 44 | 2 56 | 104 | 6 56 | 164 | 10 56 | 224 | 14 56 | 284 | 18 56 | 344 | 22 56 | 44 | 2.93 | 44 | 2 56 |
| 45 | 3 0  | 105 | 7 0  | 165 | 11 0  | 225 | 15 0  | 285 | 19 0  | 345 | 23 0  | 45 | 3.00 | 45 | 3 0  |
| 46 | 3 4  | 106 | 7 4  | 166 | 11 4  | 226 | 15 4  | 286 | 19 4  | 346 | 23 4  | 46 | 3.07 | 46 | 3 4  |
| 47 | 3 8  | 107 | 7 8  | 167 | 11 8  | 227 | 15 8  | 287 | 19 8  | 347 | 23 8  | 47 | 3.13 | 47 | 3 8  |
| 48 | 3 12 | 108 | 7 12 | 168 | 11 12 | 228 | 15 12 | 288 | 19 12 | 348 | 23 12 | 48 | 3.20 | 48 | 3 12 |
| 49 | 3 16 | 109 | 7 16 | 169 | 11 16 | 229 | 15 16 | 289 | 19 16 | 349 | 23 16 | 49 | 3.27 | 49 | 3 16 |
| 50 | 3 20 | 110 | 7 20 | 170 | 11 20 | 230 | 15 20 | 290 | 19 20 | 350 | 23 20 | 50 | 3.33 | 50 | 3 20 |
| 51 | 3 24 | 111 | 7 24 | 171 | 11 24 | 231 | 15 24 | 291 | 19 24 | 351 | 23 24 | 51 | 3.40 | 51 | 3 24 |
| 52 | 3 28 | 112 | 7 28 | 172 | 11 28 | 232 | 15 28 | 292 | 19 28 | 352 | 23 28 | 52 | 3.47 | 52 | 3 28 |
| 53 | 3 32 | 113 | 7 32 | 173 | 11 32 | 233 | 15 32 | 293 | 19 32 | 353 | 23 32 | 53 | 3.53 | 53 | 3 32 |
| 54 | 3 36 | 114 | 7 36 | 174 | 11 36 | 234 | 15 36 | 294 | 19 36 | 354 | 23 36 | 54 | 3.60 | 54 | 3 36 |
| 55 | 3 40 | 115 | 7 40 | 175 | 11 40 | 235 | 15 40 | 295 | 19 40 | 355 | 23 40 | 55 | 3.67 | 55 | 3 40 |
| 56 | 3 44 | 116 | 7 44 | 176 | 11 44 | 236 | 15 44 | 296 | 19 44 | 356 | 23 44 | 56 | 3.73 | 56 | 3 44 |
| 57 | 3 48 | 117 | 7 48 | 177 | 11 48 | 237 | 15 48 | 297 | 19 48 | 357 | 23 48 | 57 | 3.80 | 57 | 3 48 |
| 58 | 3 52 | 118 | 7 52 | 178 | 11 52 | 238 | 15 52 | 298 | 19 52 | 358 | 23 52 | 58 | 3.87 | 58 | 3 52 |
| 59 | 3 56 | 119 | 7 56 | 179 | 11 56 | 239 | 15 56 | 299 | 19 56 | 359 | 23 56 | 59 | 3.93 | 59 | 3 56 |
| 60 | 4 0  | 120 | 8 0  | 180 | 12 0  | 240 | 16 0  | 300 | 20 0  | 360 | 24 0  | 60 | 4.00 | 60 | 4 0  |



## APENDICE "G"

### MEDIDAS Y EQUIVALENCIAS

\* corresponde a medidas exactas.

#### 1. ASTRONOMIA:

1 microsegundo  
1 segundo

= 0,000001 seg. \*  
= 1.000.000 microsegundos. \*  
= 0,01666667 min.  
= 0,00027778 hrs.  
= 0,00001157 ds.  
= 15" \*

1 minuto

= 60 seg. \*  
= 0,01666667 hrs.  
= 0,00069444 ds.  
= 15' \*

1 hora

= 3.600 seg. \*  
= 60 min. \*

1°

= 4 min. \*

1'

= 4 seg. \*

1"

= 0,07 seg.

1 día solar medio

= 24 h 03 m 56,55536 s sidéreos  
= 1 rotación de la tierra con respecto al sol medio \*

1 día sidéreo

= 23 h 56 m 04,09054 s medios

1 mes sidéreo (lunar)

= 27,321661 ds.  
= 27 d 07 h 43 m 11,5 s

1 mes sinódico (lunar)

= 29,530588 ds.  
= 29 d 12 h 44 m 02,8 s

1 año trópico

= 31.556.925,975 seg.  
= 525.948,766 min.  
= 8.765,8128 hrs.  
= 365 d 05 h 48 m 46,0 s

1 año sidéreo

= 365,25636 ds.  
= 365 d 06 h 09 m 09,5 s

1 año civil (calendario)

= 31.536.000 seg. \*  
= 525.600 min. \*  
= 8.760 hrs. \*  
= 365 ds.

1 año bisiesto (calendario)

= 31.622.400 seg. \*  
= 527.040 min. \*  
= 8.784 hrs. \*  
= 366 ds. \*

|                                    |                                                                                                      |
|------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 año luz                          | = 9.460.000.000.000 Kms.<br>= 5.110.000.000.000 M.                                                   |
| Distancia media tierra - sol       | = 1 unidad astronómica<br>= 149.600.000 Kms.<br>= 80.780.000 M.                                      |
| Distancia tierra - luna            | = 384.400 Kms.<br>= 207.559 M.                                                                       |
| Diámetro del sol                   | = 1.392.000 Kms.<br>= 752.000 M.                                                                     |
| Velocidad sistema solar hacia Vega | = 19,4 Kms. x seg.<br>= 10,5 M. x seg.                                                               |
| Velocidad orbital tierra           | = 29,8 Kms. x seg.<br>= 16,1 M. x seg.                                                               |
| Oblicuidad eclíptica               | = 23° 27' 08"                                                                                        |
| Precesión equinoccios              | = 50",25 por año                                                                                     |
| 2. CARTAS:                         |                                                                                                      |
| Escala                             | = $\frac{\text{dimensión carta}}{\text{dimensión terreno}}$                                          |
| Largo de 1 M. en mm                | = 1.852.000 x Escala Natural                                                                         |
| Escala Natural                     | = $\frac{1}{1.852.000} \times \text{largo en mm de 1 M.}$                                            |
| 3. FAROS Y LUCES:                  |                                                                                                      |
| 1 candela                          | = 0,98 bujía decimal                                                                                 |
| 4. LONGITUD:                       |                                                                                                      |
| 1 metro                            | = 100 cms. *<br>= 39,370079 pulg.<br>= 3,28083990 pies<br>= 1,09361330 yardas<br>= 0,54680665 brazas |
| 1 kilómetro                        | = 1.000 metros *<br>= 3.280,83990 pies<br>= 1.093,61330 yardas<br>= 0,53995680 M.                    |
| 1 pulgada                          | = 25,4 mm. *                                                                                         |
| 1 pie                              | = 12 pulgadas *<br>= 0,3048 metros *<br>= $\frac{1}{3}$ yarda *<br>= $\frac{1}{6}$ braza *           |



|                                 |                                 |        |
|---------------------------------|---------------------------------|--------|
| 1 yarda                         | = 36 pulgadas *                 |        |
|                                 | = 3 pies *                      |        |
|                                 | = 0,9144 metros *               |        |
| 1 braza                         | = 6 pies *                      |        |
|                                 | = 2 yardas *                    |        |
|                                 | = 1,8288 metros *               |        |
| 1 cable                         | = 0,1 M.                        |        |
| 1 M (milla náutica)             | = 1.852 metros *                |        |
|                                 | = 2.025,37182852 yardas         |        |
|                                 | = 6.076,11548556 pies           |        |
| $\frac{1}{60}$ de M.            | = 1"                            |        |
|                                 | = 30,87 metros                  |        |
| 1 paño cadena                   | = 27,432 metros                 |        |
|                                 | = 30 yardas                     |        |
|                                 | = 15 brazas                     |        |
| 5. MATEMATICAS:                 |                                 |        |
| $\pi$                           | = 3,14159265358979              |        |
|                                 | = 3,1416 para empleo práctico   |        |
| $\pi^2$                         | = 9,8696044                     |        |
| $\sqrt{\pi}$                    | = 1,77245385                    |        |
| Base logaritmos naperianos... e | = 2,718281828459                |        |
| log 10° (módulo log. común)     | = 0,4342944819                  |        |
| 1 radián                        | = 57° 17' 44",80625             |        |
| 1 círculo de 360°               | = 21.600'                       |        |
|                                 | = 1.296.000"                    |        |
|                                 | = 2 $\pi$ radianes              |        |
| 180°                            | = $\pi$ radianes                |        |
| 1°                              | = 60' *                         |        |
|                                 | = 3.600" *                      |        |
|                                 | = 0,01745329251994 radianes     |        |
| 1'                              | = 60" *                         |        |
|                                 | = 0,000290888208672 radianes    |        |
| 1"                              | = 0,000004848136811095 radianes |        |
| 6. METEOROLOGIA:                |                                 |        |
| Composición de la atmósfera.    | % volumen                       | % peso |
| Nitrógeno                       | = 78,1                          | = 75,4 |
| Oxígeno                         | = 20,9                          | = 23,1 |
| Argón                           | = 0,9                           | = 1,3  |

|                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                               |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Anhídrido carbónico<br>Vapor de agua (variable)<br>Neón<br>Helio<br>Criptón<br>Hidrógeno<br>Xenón<br>Ozono (aumenta con la altura)<br>Radón (disminuye con la altura) | } = 0,1 = 0,2                                                                                                                                                                                 |
| Cero absoluto                                                                                                                                                         | = -459°,69 F<br>= -273°,16 C                                                                                                                                                                  |
| 0° C                                                                                                                                                                  | = 32° F                                                                                                                                                                                       |
| 100° C                                                                                                                                                                | = 212° F                                                                                                                                                                                      |
| Presión al nivel del mar<br>(atmósfera standard)                                                                                                                      | = 760 mm. de mercurio<br>= 10,33227 metros de agua<br>= 33,8995 pies de agua<br>= 29,92126 pulg. de mercurio<br>= 1.013,25 milibares *                                                        |
| 1 atmósfera                                                                                                                                                           | = 1,033227 Kilógramos x cm <sup>2</sup><br>= 1.013.250 dinas x cm <sup>2</sup> *<br>= 1.033,227 gramos x cm <sup>2</sup>                                                                      |
| <b>7. PESO:</b>                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                               |
| 1 tonelada métrica                                                                                                                                                    | = 1.000 kilogramos *<br>= 2.204,62262 libras<br>= 1,10231 toneladas cortas<br>= 0,98421 toneladas largas o gruesas<br>= 35 pies <sup>3</sup> agua de mar<br>= 36 pies <sup>3</sup> agua dulce |
| 1 kilogramo                                                                                                                                                           | = 1.000 gramos *<br>= 2,20462262 libras                                                                                                                                                       |
| 1 libra                                                                                                                                                               | = 16 onzas *<br>= 0,45359237 kilogramos *                                                                                                                                                     |
| 1 onza                                                                                                                                                                | = 28,349523125 gramos *<br>= 0,0625 libras *                                                                                                                                                  |
| 1 tonelada corta                                                                                                                                                      | = 2.000 libras *<br>= 907,18474 kilogramos *                                                                                                                                                  |
| 1 tonelada larga o gruesa                                                                                                                                             | = 2.240 libras *<br>= 1.016,0469088 kilogramos *                                                                                                                                              |
| <b>8. PRESION:</b>                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                               |
| 1 dina x cm <sup>2</sup>                                                                                                                                              | = 0,001 milibares *                                                                                                                                                                           |
| 1 gramo x cm <sup>2</sup>                                                                                                                                             | = 1 cm de agua<br>= 0,980665 milibares *<br>= 0,07355592 cm de mercurio<br>= 0,000967841 atmósferas                                                                                           |



|                              |                                                   |                                                  |
|------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1 milibar                    | = 1.000 dinas x cm <sup>2</sup> *                 |                                                  |
|                              | = 0,7500617 mm de mercurio                        |                                                  |
|                              | = 0,00098692 atmósferas                           |                                                  |
| 1 bar                        | = 1.000 milibares *                               |                                                  |
| 1 mm de mercurio             | = 1,3332237 milibares                             |                                                  |
|                              | = 0,1 cm de mercurio *                            |                                                  |
|                              | = 0,001315790 atmósferas                          |                                                  |
| 1 cm de mercurio             | = 10 mm de mercurio *                             |                                                  |
| 1 pulgada de mercurio        | = 33,86389 milibares                              |                                                  |
|                              | = 25,4 mm de mercurio *                           |                                                  |
|                              | = 0,03342106 atmósferas                           |                                                  |
| 1 libra x pulg. <sup>2</sup> | = 68.947,57 dinas x cm <sup>2</sup>               |                                                  |
|                              | = 70,30696 cms de agua o gramos x cm <sup>2</sup> |                                                  |
|                              | = 68,94757 milibares                              |                                                  |
|                              | = 51,71493 mm de mercurio                         |                                                  |
|                              | = 0,66804596 atmósferas                           |                                                  |
| 1 Kg. x cm <sup>2</sup>      | = 1.000 gramos x cm <sup>2</sup>                  |                                                  |
|                              | = 1.000 cms. de agua                              |                                                  |
| <b>9. SUPERFICIE:</b>        |                                                   |                                                  |
| 1 Km <sup>2</sup>            | = 1.000.000 m <sup>2</sup> *                      |                                                  |
|                              | = 0,291553 M <sup>2</sup>                         |                                                  |
| 1 M <sup>2</sup>             | = 3,429904 Km <sup>2</sup> *                      |                                                  |
| 1 m <sup>2</sup>             | = 100 dcm <sup>2</sup> *                          |                                                  |
|                              | = 10.000 cm <sup>2</sup> *                        |                                                  |
|                              | = 1.000.000 mm <sup>2</sup> *                     |                                                  |
|                              | = 10,76391 pies <sup>2</sup>                      |                                                  |
| 1 cm <sup>2</sup>            | = 100 mm <sup>2</sup> *                           |                                                  |
|                              | = 0,00107639 pies <sup>2</sup>                    |                                                  |
|                              | = 0,155 pulg. <sup>2</sup>                        |                                                  |
| 1 pulg                       | = 6,4516 cm <sup>2</sup> *                        |                                                  |
| <b>10. TIERRA:</b>           |                                                   |                                                  |
| Densidad media               | = 5,517 gramos x cm <sup>3</sup>                  |                                                  |
| Aceleración de gravedad      | = 9,8062 metros x seg <sup>2</sup>                |                                                  |
|                              | = 980,62 cm x seg <sup>2</sup>                    |                                                  |
|                              | = 32,1726 pies x seg <sup>2</sup>                 |                                                  |
| g en el Pilar "A" del I.H.A. | = 9,793 metros x seg <sup>2</sup>                 |                                                  |
|                              | L = 33° 01' 32",7 S.                              |                                                  |
|                              | G = 71° 38' 27",9 W                               |                                                  |
|                              | = 04h 46m 33,86 s                                 |                                                  |
| Elipsoide                    | Internacional                                     | Internacional Astronómico<br>(Sudamericano 1969) |
| semieje mayor (a)            | = 6.378.388 ms.                                   | = 6.378.160 ms.                                  |
| semieje menor (b)            | = 6.356.911,946 ms.                               | = 6.356.774,5 ms.                                |

$$\begin{array}{lcl}
 1' \text{ de ecuador} & = 1.855,398 \text{ ms.} & = 1.855,333 \text{ ms.} \\
 & = 6.087,264 \text{ pies} & = 6.086,814 \text{ pies} \\
 & = 2.029,088 \text{ yds.} & = 2.028,938 \text{ yds.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 1' \text{ de latitud en el ecuador} & = 1.842,925 \text{ ms.} & = 1.842,917 \text{ ms.} \\
 & = 6.046,342 \text{ pies} & = 6.046,302 \text{ pies} \\
 & = 2.015,447 \text{ yds.} & = 2.015,434 \text{ yds.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 1' \text{ de latitud en el polo} & = 1.861,666 \text{ ms.} & = 1.861,573 \text{ ms.} \\
 & = 6.107,828 \text{ pies} & = 6.107,517 \text{ pies} \\
 & = 2.035,943 \text{ yds.} & = 2.035,839 \text{ yds.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Achatamiento} & = \frac{1}{297} & = \frac{1}{298,25}
 \end{array}$$

## 11. VELOCIDAD:

$$\begin{array}{lcl}
 1 \text{ nudo} & = 1,852 \text{ Kms x hora}^* \\
 & = 101,26859 \text{ pies x minuto} \\
 & = 33,75619 \text{ yardas x minuto} \\
 & = 0,514(4) \text{ metros x seg.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 1 \text{ Km x hora} & = 0,5399568 \text{ nudos} = 0,54 \text{ uso común} \\
 & = 16,6(6) \text{ metros x minuto} \\
 & = 0,27(7) \text{ metros x seg.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 1 \text{ metro x seg.} & = 3,6 \text{ Km x hora}^* \\
 & = 1,94384 \text{ nudos} \\
 & = 196,85039 \text{ pies x minuto} \\
 & = 65,61679 \text{ yardas x minuto}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 1 \text{ yarda x minuto} & = 3 \text{ pies x minuto}^* \\
 & = 0,029624 \text{ nudos} \\
 & = 0,01524 \text{ metros x seg.}^*
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 1 \text{ pie x seg.} & = 1,09728 \text{ Km. x hora}^* \\
 & = 0,5924838 \text{ nudos} \\
 & = 0,3048 \text{ metros x seg.}^* \\
 & = 20 \text{ yardas x minuto}^*
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Velocidad del sonido} & \text{aire} & \text{mar} \\
 & = 340,29 \text{ metros x seg.} & = 1.507,37 \text{ ms. x seg.} \\
 & = 661,48 \text{ nudos} & = 2.930,05 \text{ nudos} \\
 & = 1.116,45 \text{ pies x seg.} & = 4.945,37 \text{ pies x seg.}
 \end{array}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Velocidad de la luz} & \text{aire} & \text{vacío} \\
 & = 299.708 \text{ Km. x seg.} & = 299.792,5 \text{ Km. x seg.} \\
 & = 300.000 \text{ Km. x seg.} & \\
 & \text{uso corriente} &
 \end{array}$$

$$\text{Velocidad rotación de la tierra (Ecuador)} \quad V = \frac{21600}{24} = 900 \text{ millas/h}$$

$$\begin{array}{lcl}
 \text{Para cualquier lat. considerando la tierra como} & & V = \frac{21600 \times \cos l}{24} \\
 \text{una esfera} & &
 \end{array}$$



## 12. VOLUMEN:

|                             |                                  |
|-----------------------------|----------------------------------|
| 1 litro                     | = 1 dm <sup>3</sup> *            |
|                             | = 1.000 cm <sup>3</sup> *        |
|                             | = 61,02374 pulg. <sup>3</sup>    |
|                             | = 0,26417 galones                |
| 1 galón                     | = 3,7854 litros                  |
|                             | = 231 pulg. <sup>3</sup> *       |
|                             | = 0,13368 pies <sup>3</sup>      |
|                             | = 3.785,411784 cm <sup>3</sup> * |
| 1 cm <sup>3</sup>           | = 1.000 mm <sup>3</sup> *        |
|                             | = 0,001 litros *                 |
| 1 m <sup>3</sup>            | = 1.000.000 cm <sup>3</sup> *    |
|                             | = 1 ton. métrica *               |
|                             | = 35,3146665 pies <sup>3</sup>   |
| 1 pie <sup>3</sup>          | = 0,0283m <sup>3</sup>           |
| 1 ton. métrica              | = 264,17203187 galones           |
| 1 ton. de registro o arqueo | = 100 pies <sup>3</sup> *        |
|                             | = 2,8316846592 m <sup>3</sup> *  |

## APENDICE "H"

## ESCALA Y MEDICION DEL TIEMPO Y MAR

| Estado del Mar | Escala Beaufort | Estado del tiempo        | Intensidad del viento |         | Altura de Olas ms. |
|----------------|-----------------|--------------------------|-----------------------|---------|--------------------|
|                |                 |                          | ms. x seg.            | nudos   |                    |
| Calma          | 0               | Calma                    | 0 - 0,2               | < 1     | 0                  |
| Llana          | 1               | Brisa débil              | 0,3 - 1,5             | 1 - 3   | 0 - 0,1            |
| Rizada         | 2               | Brisa suave              | 1,6 - 3,3             | 4 - 6   | 0,1 - 0,5          |
| Rizada         | 3               | Viento débil             | 3,4 - 5,4             | 7 - 10  | 0,1 - 0,5          |
| Marejadilla    | 4               | Viento moderado          | 5,5 - 7,9             | 11 - 16 | 0,5 - 1,25         |
| Marejada       | 5               | Viento moderado a fuerte | 08,0 - 10,7           | 17 - 21 | 1,25 - 2,5         |
| Gruesa         | 6               | Viento fuerte            | 10,8 - 13,8           | 22 - 27 | 2,5 - 4,0          |
| Muy gruesa     | 7               | Viento muy fuerte        | 13,9 - 17,1           | 28 - 33 | 4,0 - 6,0          |
| Arbolada       | 8               | Temporal                 | 17,2 - 20,7           | 34 - 40 | 6,0 - 9,0          |
| Arbolada       | 9               | Temporal fuerte          | 20,8 - 24,4           | 41 - 47 | 6,0 - 9,0          |
| Montañosa      | 10              | Temporal muy fuerte      | 24,5 - 28,4           | 48 - 55 | 9,0 - 14,0         |
| Confusa        | 11              | Temporal declarado       | 28,5 - 32,6           | 56 - 63 | sobre 14,0         |
| Confusa        | 12              | Huracán                  | 32,7 -                | 64 -    | sobre 14,0         |

# APENDICE "I"

## CONVERSION DE RADIO DEMARCACIONES

Corrección para ser aplicada a la radio demarcación para convertir en demarcación Mercator

Diferencia de Longitud

| Lat.<br>Med. | 0.5° | 1°  | 1.5° | 2° | 2.5° | 3°  | 3.5° | 4°  | 4.5° | 5°  | 5.5° | 6°  | 6.5° | 7°  | 7.5° | Lat.<br>Med. |
|--------------|------|-----|------|----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|--------------|
| 4            | —    | —   | —    | —  | 0.1  | 0.1 | 0.1  | 0.1 | 0.2  | 0.2 | 0.2  | 0.2 | 0.2  | 0.2 | 0.3  | 4            |
| 5            | —    | 0.1 | 0.1  | .1 | .1   | .1  | .2   | .2  | .2   | .2  | .3   | .3  | .3   | .3  | .3   | 5            |
| 6            | —    | .1  | .1   | .1 | .1   | .2  | .2   | .2  | .2   | .3  | .3   | .3  | .3   | .4  | .4   | 6            |
| 7            | —    | .1  | .1   | .1 | .2   | .2  | .2   | .3  | .3   | .3  | .4   | .4  | .4   | .4  | .5   | 7            |
| 8            | —    | .1  | .1   | .1 | .2   | .2  | .2   | .3  | .3   | .4  | .4   | .4  | .5   | .5  | .5   | 8            |
| 9            | —    | .1  | .1   | .1 | .2   | .2  | .2   | .3  | .3   | .4  | .4   | .5  | .5   | .6  | .6   | 9            |
| 10           | —    | .1  | .1   | .1 | .2   | .2  | .3   | .4  | .4   | .4  | .5   | .5  | .6   | .6  | .6   | 10           |
| 11           | —    | .1  | .1   | .2 | .2   | .3  | .3   | .4  | .4   | .5  | .5   | .6  | .6   | .7  | .7   | 11           |
| 12           | .1   | .1  | .1   | .2 | .3   | .3  | .4   | .4  | .5   | .5  | .6   | .6  | .7   | .7  | .8   | 12           |
| 13           | .1   | .1  | .2   | .2 | .3   | .3  | .4   | .4  | .5   | .6  | .6   | .7  | .7   | .8  | .8   | 13           |
| 14           | .1   | .1  | .2   | .2 | .3   | .4  | .4   | .5  | .6   | .6  | .7   | .7  | .8   | .8  | .9   | 14           |
| 15           | .1   | .1  | .2   | .3 | .3   | .4  | .4   | .5  | .6   | .6  | .7   | .8  | .8   | .9  | 1.0  | 15           |
| 16           | .1   | .1  | .2   | .3 | .4   | .4  | .5   | .6  | .6   | .7  | .8   | .8  | .9   | 1.0 | 1.0  | 16           |
| 17           | .1   | .2  | .2   | .3 | .4   | .4  | .5   | .6  | .6   | .7  | .8   | .9  | 1.0  | 1.0 | 1.1  | 17           |
| 18           | .1   | .2  | .2   | .3 | .4   | .5  | .5   | .6  | .7   | .8  | .8   | .9  | 1.0  | 1.1 | 1.2  | 18           |
| 19           | .1   | .2  | .2   | .3 | .4   | .5  | .6   | .6  | .7   | .8  | .9   | 1.0 | 1.1  | 1.1 | 1.2  | 19           |
| 20           | .1   | .2  | .2   | .3 | .4   | .5  | .6   | .7  | .8   | .8  | .9   | 1.0 | 1.1  | 1.2 | 1.3  | 20           |
| 21           | .1   | .2  | .3   | .4 | .5   | .5  | .6   | .7  | .8   | .9  | 1.0  | 1.1 | 1.2  | 1.2 | 1.4  | 21           |
| 22           | .1   | .2  | .3   | .4 | .5   | .6  | .6   | .8  | .8   | .9  | 1.0  | 1.1 | 1.2  | 1.3 | 1.4  | 22           |
| 23           | .1   | .2  | .3   | .4 | .5   | .6  | .7   | .8  | .9   | 1.0 | 1.1  | 1.2 | 1.3  | 1.4 | 1.5  | 23           |
| 24           | .1   | .2  | .3   | .4 | .5   | .6  | .7   | .8  | .9   | 1.0 | 1.1  | 1.2 | 1.3  | 1.4 | 1.5  | 24           |
| 25           | .1   | .2  | .3   | .4 | .5   | .6  | .7   | .8  | 1.0  | 1.1 | 1.2  | 1.3 | 1.4  | 1.5 | 1.6  | 25           |
| 26           | .1   | .2  | .3   | .4 | .6   | .6  | .8   | .9  | 1.0  | 1.1 | 1.2  | 1.3 | 1.4  | 1.5 | 1.6  | 26           |
| 27           | .1   | .2  | .3   | .4 | .6   | .7  | .8   | .9  | 1.0  | 1.1 | 1.2  | 1.4 | 1.5  | 1.6 | 1.7  | 27           |
| 28           | .1   | .2  | .4   | .5 | .6   | .7  | .8   | .9  | 1.1  | 1.2 | 1.3  | 1.4 | 1.5  | 1.6 | 1.8  | 28           |
| 29           | .1   | .2  | .4   | .5 | .6   | .7  | .8   | 1.0 | 1.1  | 1.2 | 1.3  | 1.4 | 1.6  | 1.7 | 1.8  | 29           |
| 30           | .1   | .2  | .4   | .5 | .6   | .8  | .9   | 1.0 | 1.1  | 1.2 | 1.4  | 1.5 | 1.6  | 1.8 | 1.9  | 30           |
| 31           | .1   | .2  | .4   | .5 | .6   | .8  | .9   | 1.0 | 1.2  | 1.3 | 1.4  | 1.6 | 1.7  | 1.8 | 1.9  | 31           |
| 32           | .1   | .3  | .4   | .5 | .7   | .8  | .9   | 1.1 | 1.2  | 1.3 | 1.4  | 1.6 | 1.7  | 1.8 | 2.0  | 32           |
| 33           | .1   | .3  | .4   | .6 | .7   | .8  | 1.0  | 1.1 | 1.2  | 1.4 | 1.5  | 1.6 | 1.8  | 1.9 | 2.1  | 33           |
| 34           | .1   | .3  | .4   | .6 | .7   | .8  | 1.0  | 1.1 | 1.2  | 1.4 | 1.5  | 1.7 | 1.8  | 2.0 | 2.1  | 34           |
| 35           | .1   | .3  | .4   | .6 | .7   | .9  | 1.0  | 1.2 | 1.3  | 1.4 | 1.6  | 1.7 | 1.9  | 2.0 | 2.2  | 35           |
| 36           | .1   | .3  | .4   | .6 | .7   | .9  | 1.0  | 1.2 | 1.3  | 1.5 | 1.6  | 1.8 | 1.9  | 2.1 | 2.2  | 36           |
| 37           | .2   | .3  | .4   | .6 | .8   | .9  | 1.1  | 1.2 | 1.4  | 1.5 | 1.6  | 1.8 | 2.0  | 2.1 | 2.2  | 37           |
| 38           | .2   | .3  | .5   | .6 | .8   | .9  | 1.1  | 1.2 | 1.4  | 1.5 | 1.7  | 1.8 | 2.0  | 2.2 | 2.3  | 38           |
| 39           | .2   | .3  | .5   | .6 | .8   | 1.0 | 1.1  | 1.2 | 1.4  | 1.6 | 1.7  | 1.9 | 2.1  | 2.2 | 2.4  | 39           |
| 40           | .2   | .3  | .5   | .6 | .8   | 1.0 | 1.1  | 1.3 | 1.4  | 1.6 | 1.8  | 1.9 | 2.1  | 2.2 | 2.4  | 40           |
| 41           | .2   | .3  | .5   | .6 | .8   | 1.0 | 1.2  | 1.3 | 1.5  | 1.6 | 1.8  | 2.0 | 2.1  | 2.3 | 2.5  | 41           |
| 42           | .2   | .3  | .5   | .7 | .8   | 1.0 | 1.2  | 1.3 | 1.5  | 1.7 | 1.8  | 2.0 | 2.2  | 2.3 | 2.5  | 42           |
| 43           | .2   | .3  | .5   | .7 | .8   | 1.0 | 1.2  | 1.4 | 1.5  | 1.7 | 1.9  | 2.1 | 2.2  | 2.4 | 2.6  | 43           |
| 44           | .2   | .4  | .5   | .7 | .9   | 1.1 | 1.2  | 1.4 | 1.6  | 1.7 | 1.9  | 2.1 | 2.2  | 2.4 | 2.6  | 44           |
| 45           | .2   | .4  | .5   | .7 | .9   | 1.1 | 1.2  | 1.4 | 1.6  | 1.8 | 2.0  | 2.1 | 2.3  | 2.5 | 2.6  | 45           |
| 46           | .2   | .4  | .5   | .7 | .9   | 1.1 | 1.3  | 1.4 | 1.6  | 1.8 | 2.0  | 2.2 | 2.3  | 2.5 | 2.7  | 46           |
| 47           | .2   | .4  | .6   | .7 | .9   | 1.1 | 1.3  | 1.5 | 1.7  | 1.8 | 2.0  | 2.2 | 2.4  | 2.6 | 2.8  | 47           |
| 48           | .2   | .4  | .6   | .8 | .9   | 1.1 | 1.3  | 1.5 | 1.7  | 1.8 | 2.1  | 2.2 | 2.4  | 2.6 | 2.8  | 48           |
| 49           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.0  | 1.1 | 1.3  | 1.5 | 1.7  | 1.9 | 2.1  | 2.3 | 2.5  | 2.6 | 2.8  | 49           |
| 50           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.0  | 1.1 | 1.3  | 1.5 | 1.7  | 1.9 | 2.1  | 2.3 | 2.5  | 2.7 | 2.9  | 50           |
| 51           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.0  | 1.2 | 1.4  | 1.6 | 1.8  | 2.0 | 2.1  | 2.3 | 2.5  | 2.7 | 2.9  | 51           |
| 52           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.0  | 1.2 | 1.4  | 1.6 | 1.8  | 2.0 | 2.2  | 2.4 | 2.6  | 2.8 | 3.0  | 52           |
| 53           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.0  | 1.2 | 1.4  | 1.6 | 1.8  | 2.0 | 2.2  | 2.4 | 2.6  | 2.8 | 3.0  | 53           |
| 54           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.0  | 1.2 | 1.4  | 1.6 | 1.8  | 2.0 | 2.2  | 2.4 | 2.6  | 2.8 | 3.0  | 54           |
| 55           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.0  | 1.2 | 1.4  | 1.6 | 1.8  | 2.1 | 2.2  | 2.4 | 2.7  | 2.9 | 3.1  | 55           |
| 56           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.0  | 1.2 | 1.4  | 1.7 | 1.9  | 2.1 | 2.3  | 2.5 | 2.7  | 2.9 | 3.1  | 56           |
| 57           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.1  | 1.2 | 1.5  | 1.7 | 1.9  | 2.1 | 2.3  | 2.5 | 2.7  | 2.9 | 3.2  | 57           |
| 58           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.1  | 1.3 | 1.5  | 1.7 | 1.9  | 2.1 | 2.3  | 2.6 | 2.8  | 3.0 | 3.2  | 58           |
| 59           | .2   | .4  | .6   | .8 | 1.1  | 1.3 | 1.5  | 1.7 | 1.9  | 2.2 | 2.4  | 2.6 | 2.8  | 3.0 | 3.2  | 59           |
| 60           | .2   | .4  | .6   | .9 | 1.1  | 1.3 | 1.5  | 1.7 | 2.0  | 2.2 | 2.4  | 2.6 | 2.8  | 3.0 | 3.2  | 60           |

| Receptor<br>(latitud) | Transmisor<br>(dirección desde<br>el receptor) | Signo de<br>corrección | Receptor<br>(latitud) | Transmisor<br>(dirección desde<br>el receptor) | Signo de<br>corrección |
|-----------------------|------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Norte                 | Hacia el Este                                  | +                      | Sur                   | Hacia el Este                                  | -                      |
| Norte                 | Hacia el Oeste                                 | -                      | Sur                   | Hacia el Oeste                                 | +                      |



## CONVERSION DE RADIO DEMARCACIONES

Corrección para ser aplicada a la radio demarcación para convertir en demarcación Mercator

## Diferencia de Longitud

| Lat.<br>Med. | 0.5° | 1°  | 1.5° | 2°  | 2.5° | 3°  | 3.5° | 4°  | 4.5° | 5°  | 5.5° | 6°  | 6.5° | 7°  | 7.5° | Lat.<br>Med. |
|--------------|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|-----|------|--------------|
| °            | °    | °   | °    | °   | °    | °   | °    | °   | °    | °   | °    | °   | °    | °   | °    | °            |
| 61           | 0.2  | 0.4 | 0.7  | 0.9 | 1.1  | 1.3 | 1.5  | 1.7 | 2.0  | 2.2 | 2.4  | 2.6 | 2.8  | 3.1 | 3.3  | 61           |
| 62           | .2   | .4  | .7   | .9  | 1.1  | 1.3 | 1.5  | 1.8 | 2.0  | 2.2 | 2.4  | 2.6 | 2.9  | 3.1 | 3.3  | 62           |
| 63           | .2   | .4  | .7   | .9  | 1.1  | 1.3 | 1.6  | 1.8 | 2.0  | 2.3 | 2.4  | 2.7 | 2.9  | 3.2 | 3.4  | 63           |
| 64           | .2   | .4  | .7   | .9  | 1.1  | 1.3 | 1.6  | 1.8 | 2.0  | 2.3 | 2.4  | 2.7 | 2.9  | 3.2 | 3.4  | 64           |
| 65           | .2   | .5  | .7   | .9  | 1.1  | 1.4 | 1.6  | 1.8 | 2.0  | 2.3 | 2.5  | 2.7 | 2.9  | 3.2 | 3.4  | 65           |
| 66           | .2   | .5  | .7   | .9  | 1.1  | 1.4 | 1.6  | 1.8 | 2.1  | 2.3 | 2.5  | 2.7 | 2.9  | 3.2 | 3.4  | 66           |
| 67           | .2   | .5  | .7   | .9  | 1.2  | 1.4 | 1.6  | 1.8 | 2.1  | 2.3 | 2.6  | 2.7 | 3.0  | 3.2 | 3.5  | 67           |
| 68           | .2   | .5  | .7   | .9  | 1.2  | 1.4 | 1.6  | 1.9 | 2.1  | 2.3 | 2.6  | 2.8 | 3.0  | 3.2 | 3.5  | 68           |
| 69           | .2   | .5  | .7   | .9  | 1.2  | 1.4 | 1.6  | 1.9 | 2.1  | 2.3 | 2.6  | 2.8 | 3.0  | 3.2 | 3.5  | 69           |
| 70           | .2   | .5  | .7   | .9  | 1.2  | 1.4 | 1.6  | 1.9 | 2.1  | 2.3 | 2.6  | 2.8 | 3.0  | 3.2 | 3.5  | 70           |
| 71           | .2   | .5  | .7   | .9  | 1.2  | 1.4 | 1.7  | 1.9 | 2.1  | 2.3 | 2.6  | 2.8 | 3.0  | 3.2 | 3.5  | 71           |
| 72           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.4 | 1.7  | 1.9 | 2.1  | 2.4 | 2.6  | 2.9 | 3.1  | 3.4 | 3.6  | 72           |
| 73           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.4 | 1.7  | 1.9 | 2.2  | 2.4 | 2.6  | 2.9 | 3.2  | 3.4 | 3.6  | 73           |
| 74           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.4 | 1.7  | 1.9 | 2.2  | 2.4 | 2.6  | 2.9 | 3.2  | 3.4 | 3.6  | 74           |
| 75           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.4 | 1.7  | 1.9 | 2.2  | 2.4 | 2.6  | 2.9 | 3.2  | 3.4 | 3.6  | 75           |
| 76           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 1.9 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 2.9 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 76           |
| 77           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 1.9 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 2.9 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 77           |
| 78           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 78           |
| 79           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 79           |
| 80           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 80           |
| 81           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 81           |
| 82           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 82           |
| 83           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 83           |
| 84           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 84           |
| 85           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 85           |
| 86           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 86           |
| 87           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 87           |
| 88           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 88           |
| 89           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 89           |
| 90           | .2   | .5  | .7   | 1.0 | 1.2  | 1.5 | 1.7  | 2.0 | 2.2  | 2.5 | 2.7  | 3.0 | 3.2  | 3.5 | 3.7  | 90           |

| Receptor<br>(latitud) | Transmisor<br>(dirección desde<br>el receptor) | Signo de<br>corrección | Receptor<br>(latitud) | Transmisor<br>(dirección desde<br>el receptor) | Signo de<br>corrección |
|-----------------------|------------------------------------------------|------------------------|-----------------------|------------------------------------------------|------------------------|
| Norte                 | Hacia el Este                                  | +                      | Sur                   | Hacia el Este                                  | -                      |
| Norte                 | Hacia el Oeste                                 | -                      | Sur                   | Hacia el Oeste                                 | +                      |

# APENDICE "J"

## DISTANCIA AL HORIZONTE

| Altura<br>en ms. | Millas<br>náuticas | Altura<br>en ms. | Millas<br>náuticas | Altura<br>en ms. | Millas<br>náuticas |
|------------------|--------------------|------------------|--------------------|------------------|--------------------|
| 1.0              | 2.1                | 11               | 6.9                | 70               | 17.3               |
| 1.5              | 2.5                | 12               | 7.1                | 80               | 18.5               |
| 2.0              | 2.9                | 13               | 7.4                | 90               | 19.6               |
| 2.5              | 3.3                | 14               | 7.8                | 100              | 20.7               |
| 3.0              | 3.6                | 16               | 8.3                | 120              | 22.7               |
| 3.5              | 3.9                | 18               | 8.8                | 140              | 24.5               |
| 4.0              | 4.1                | 20               | 9.3                | 160              | 26.2               |
| 4.5              | 4.4                | 22               | 9.8                | 180              | 27.8               |
| 5.0              | 4.6                | 25               | 10.4               | 200              | 29                 |
| 5.5              | 4.8                | 30               | 11.3               | 250              | 33                 |
| 6.0              | 5.1                | 35               | 12.3               | 300              | 36                 |
| 7.0              | 5.5                | 40               | 13.1               | 400              | 41                 |
| 8.0              | 5.8                | 45               | 13.9               | 500              | 46                 |
| 9.0              | 6.2                | 50               | 14.7               | 700              | 54                 |
| 10.0             | 6.6                | 60               | 16.0               | 1.000            | 65                 |



# APENDICE "K"

## CONVERSION DE MILIMETROS A MILIBARES

760 mm de mercurio = 1.013,25 milibares.

Décimas de milímetros

| Mms. | 0,0    | 0,1    | 0,2    | 0,3    | 0,4    | 0,5    | 0,6    | 0,7    | 0,8    | 0,9    |
|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 730  | 973,3  | 973,4  | 973,5  | 973,7  | 973,8  | 973,9  | 974,1  | 974,2  | 974,3  | 974,5  |
| 731  | 74,6   | 74,7   | 74,9   | 75,0   | 75,1   | 75,3   | 75,4   | 75,5   | 75,7   | 75,8   |
| 732  | 75,9   | 76,1   | 76,2   | 76,3   | 76,5   | 76,6   | 76,7   | 76,9   | 77,0   | 77,1   |
| 733  | 77,3   | 77,4   | 77,5   | 77,7   | 77,8   | 77,9   | 78,1   | 78,2   | 78,3   | 78,5   |
| 734  | 78,6   | 78,7   | 78,9   | 79,0   | 79,1   | 79,3   | 79,4   | 79,5   | 79,7   | 79,8   |
| 735  | 79,9   | 80,1   | 80,2   | 80,3   | 80,5   | 80,6   | 80,7   | 80,9   | 81,0   | 81,1   |
| 736  | 81,3   | 81,4   | 81,5   | 81,7   | 81,8   | 81,9   | 82,1   | 82,2   | 82,3   | 82,5   |
| 737  | 82,6   | 82,7   | 82,9   | 83,0   | 83,1   | 83,3   | 83,4   | 83,5   | 83,7   | 83,8   |
| 738  | 83,9   | 84,1   | 84,2   | 84,3   | 84,5   | 84,6   | 84,7   | 84,9   | 85,0   | 85,1   |
| 739  | 85,3   | 85,4   | 85,5   | 85,7   | 85,8   | 85,9   | 86,1   | 86,2   | 86,3   | 86,5   |
| 740  | 86,6   | 86,7   | 86,9   | 87,0   | 87,1   | 87,3   | 87,4   | 87,5   | 87,7   | 87,8   |
| 741  | 87,9   | 88,1   | 88,2   | 88,3   | 88,5   | 88,6   | 88,7   | 88,9   | 89,0   | 89,1   |
| 742  | 89,3   | 89,4   | 89,5   | 89,7   | 89,8   | 89,9   | 90,1   | 90,2   | 90,3   | 90,5   |
| 743  | 90,6   | 90,7   | 90,9   | 91,0   | 91,1   | 91,3   | 91,4   | 91,5   | 91,7   | 91,8   |
| 744  | 91,9   | 92,1   | 92,2   | 92,3   | 92,5   | 92,6   | 92,7   | 92,9   | 93,0   | 93,1   |
| 745  | 93,3   | 93,4   | 93,5   | 93,7   | 93,8   | 93,9   | 94,1   | 94,2   | 94,3   | 94,5   |
| 746  | 94,6   | 94,7   | 94,9   | 95,0   | 95,1   | 95,3   | 95,4   | 95,5   | 95,7   | 95,8   |
| 747  | 95,9   | 96,1   | 96,2   | 96,3   | 96,5   | 96,6   | 96,7   | 96,9   | 97,0   | 97,1   |
| 748  | 97,3   | 97,4   | 97,5   | 97,7   | 97,8   | 97,9   | 98,1   | 98,2   | 98,3   | 98,5   |
| 749  | 98,6   | 98,7   | 98,9   | 99,0   | 99,1   | 99,3   | 99,4   | 99,5   | 99,7   | 99,8   |
| 750  | 1000,0 | 1000,1 | 1000,2 | 1000,3 | 1000,5 | 1000,6 | 1000,7 | 1000,9 | 1001,0 | 1001,1 |
| 751  | 01,3   | 01,4   | 01,5   | 01,7   | 01,8   | 01,9   | 02,1   | 02,2   | 02,3   | 02,5   |
| 752  | 02,6   | 02,7   | 02,9   | 03,0   | 03,1   | 03,3   | 03,4   | 03,5   | 03,7   | 03,8   |
| 753  | 03,9   | 04,1   | 04,2   | 04,3   | 04,5   | 04,6   | 04,7   | 04,9   | 05,0   | 05,1   |
| 754  | 05,3   | 05,4   | 05,5   | 05,7   | 05,8   | 05,9   | 06,1   | 06,2   | 06,3   | 06,5   |
| 755  | 06,6   | 06,7   | 06,9   | 07,0   | 07,1   | 07,3   | 07,4   | 07,5   | 07,7   | 07,8   |
| 756  | 07,9   | 08,1   | 08,2   | 08,3   | 08,5   | 08,6   | 08,7   | 08,9   | 09,0   | 09,1   |
| 757  | 09,3   | 09,4   | 09,5   | 09,7   | 09,8   | 09,9   | 10,1   | 10,2   | 10,3   | 10,5   |
| 758  | 10,6   | 10,7   | 10,9   | 11,0   | 11,1   | 11,3   | 11,4   | 11,5   | 11,7   | 11,8   |
| 759  | 12,0   | 12,1   | 12,2   | 12,3   | 12,5   | 12,6   | 12,7   | 12,9   | 13,0   | 13,1   |
| 760  | 13,3   | 13,4   | 13,5   | 13,7   | 13,8   | 13,9   | 14,1   | 14,2   | 14,3   | 14,5   |
| 761  | 14,6   | 14,7   | 14,9   | 15,0   | 15,1   | 15,3   | 15,4   | 15,5   | 15,7   | 15,8   |
| 762  | 16,0   | 16,1   | 16,2   | 16,3   | 16,5   | 16,6   | 16,7   | 16,9   | 17,0   | 17,1   |
| 763  | 17,3   | 17,4   | 17,5   | 17,7   | 17,8   | 17,9   | 18,1   | 18,2   | 18,3   | 18,5   |
| 764  | 18,6   | 18,7   | 18,9   | 19,0   | 19,1   | 19,3   | 19,4   | 19,5   | 19,7   | 19,8   |
| 765  | 20,0   | 20,1   | 20,2   | 20,3   | 20,5   | 20,6   | 20,7   | 20,9   | 21,0   | 21,1   |
| 766  | 21,3   | 21,4   | 21,5   | 21,7   | 21,8   | 21,9   | 22,1   | 22,2   | 22,3   | 22,5   |
| 767  | 22,6   | 22,7   | 22,9   | 23,0   | 23,1   | 23,3   | 23,4   | 23,5   | 23,7   | 23,8   |
| 768  | 24,0   | 24,1   | 24,2   | 24,3   | 24,5   | 24,6   | 24,7   | 24,9   | 25,0   | 25,1   |
| 769  | 25,3   | 25,4   | 25,5   | 25,7   | 25,8   | 25,9   | 26,1   | 26,2   | 26,3   | 26,5   |
| 770  | 26,6   | 26,7   | 26,9   | 27,0   | 27,1   | 27,3   | 27,4   | 27,5   | 27,7   | 27,8   |
| 771  | 27,9   | 28,1   | 28,2   | 28,3   | 28,5   | 28,6   | 28,7   | 28,9   | 29,0   | 29,1   |
| 772  | 29,3   | 29,4   | 29,5   | 29,7   | 29,8   | 29,9   | 30,1   | 30,2   | 30,3   | 30,5   |
| 773  | 30,6   | 30,7   | 30,9   | 31,0   | 31,1   | 31,3   | 31,4   | 31,5   | 31,7   | 31,8   |
| 774  | 31,9   | 32,1   | 32,2   | 32,3   | 32,5   | 32,6   | 32,7   | 32,9   | 33,0   | 33,1   |
| 775  | 33,3   | 33,4   | 33,5   | 33,7   | 33,8   | 33,9   | 34,1   | 34,2   | 34,3   | 34,5   |

## APENDICE "L"

## CONVERSION DE GRADOS CENTIGRADOS A FAHRENHEIT

$$0^{\circ}\text{C} = 32^{\circ}\text{F}$$

$$100^{\circ}\text{C} = 212^{\circ}\text{F}$$

| Cent. | Fahr. | Cent. | Fahr. | Cent. | Fahr. | Cent. | Fahr. |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| -15,0 | 5     | -3,9  | 25    | +7,2  | 45    | +18,3 | 65    |
| -14,4 | 6     | -3,3  | 26    | 7,8   | 46    | 18,9  | 66    |
| -13,9 | 7     | -2,8  | 27    | 8,3   | 47    | 19,4  | 67    |
| -13,3 | 8     | -2,2  | 28    | 8,9   | 48    | 20,0  | 68    |
| -12,8 | 9     | -1,7  | 29    | 9,4   | 49    | 20,6  | 69    |
| -12,2 | 10    | -1,1  | 30    | 10,0  | 50    | 21,1  | 70    |
| -11,7 | 11    | -0,6  | 31    | 10,6  | 51    | 21,7  | 71    |
| -11,1 | 12    | 0,0   | 32    | 11,1  | 52    | 22,2  | 72    |
| -10,6 | 13    | +0,6  | 33    | 11,7  | 53    | 22,8  | 73    |
| -10,0 | 14    | +1,1  | 34    | 12,2  | 54    | 23,3  | 74    |
| -9,4  | 15    | +1,7  | 35    | 12,8  | 55    | 23,9  | 75    |
| -8,9  | 16    | +2,2  | 36    | 13,3  | 56    | 24,4  | 76    |
| -8,3  | 17    | +2,8  | 37    | 13,9  | 57    | 25,0  | 77    |
| -7,8  | 18    | +3,3  | 38    | 14,4  | 58    | 25,6  | 78    |
| -7,2  | 19    | +3,9  | 39    | 15,0  | 59    | 26,1  | 79    |
| -6,7  | 20    | +4,4  | 40    | 15,6  | 60    | 26,7  | 80    |
| -6,1  | 21    | +5,0  | 41    | 16,1  | 61    | 27,2  | 81    |
| -5,6  | 22    | +5,6  | 42    | 16,7  | 62    | 27,8  | 82    |
| -5,0  | 23    | +6,1  | 43    | 17,2  | 63    | 28,3  | 83    |
| -4,4  | 24    | +6,7  | 44    | 17,8  | 64    | 28,9  | 84    |



# APENDICE "M"

## CONVERSION DE MILIMETROS A PULGADAS DE MERCURIO

| Mili-<br>metros | Pulgadas | Mili-<br>metros | Pulgadas | Mili-<br>metros | Pulgadas | Mili-<br>metros | Pulgadas |
|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|-----------------|----------|
| 715             | 28.150   | 733             | 28.859   | 751             | 29.567   | 769             | 30.276   |
| 716             | .189     | 4               | .898     | 2               | .607     | 770             | .316     |
| 717             | .229     | 5               | .938     | 3               | .646     | 1               | .355     |
| 718             | .268     | 6               | 28.967   | 4               | .686     | 2               | .394     |
| 719             | .308     | 7               | 29.016   | 5               | .725     | 3               | .434     |
| 720             | 28.347   | 8               | .056     | 6               | .764     | 4               | .473     |
| 721             | .386     | 9               | .095     | 7               | .804     | 5               | .251     |
| 722             | .426     | 740             | 29.134   | 8               | .843     | 6               | .552     |
| 723             | .465     | 1               | .174     | 9               | .882     | 7               | .591     |
| 724             | .504     | 2               | .213     | 760             | .922     | 8               | .630     |
| 725             | .544     | 3               | .252     | 1               | 29.961   | 9               | .670     |
| 726             | .583     | 4               | .292     | 2               | 30.001   | 780             | 30.709   |
| 727             | .623     | 5               | .331     | 3               | .040     | 1               | .749     |
| 728             | .662     | 6               | .371     | 4               | .079     | 2               | .788     |
| 729             | .701     | 7               | .410     | 5               | .119     | 3               | .827     |
| 730             | 28.741   | 8               | .449     | 6               | .158     | 4               | .867     |
| 731             | .780     | 9               | .489     | 7               | .197     | 5               | .906     |
| 732             | .719     | 750             | 29.528   | 768             | 30.237   | 6               | 30.945   |

NOTAS EXPLICATIVAS

# SÍMBOLOS CONVENCIONALES Y ABREVIATURAS

En uso en las cartas náuticas de Chile

6ª EDICIÓN

OCTUBRE 1980

Corregida hasta el Boletín de Noticias a los Navegantes

Nº 13 del 15 de Julio de 1995



SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA  
CHILE



# SÍMBOLOS CONVENCIONALES Y ABREVIATURAS

En uso en las cartas náuticas de Chile

6ª EDICIÓN

OCTUBRE 1980

6ª edición 1980. Corregida hasta el Boletín de Noticias a los Navegantes  
No 13 del 15 de Julio de 1995

Impreso y Publicado por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la  
Armada de Chile. 1997

Corregida hasta el Boletín de Noticias a los Navegantes

Es Propiedad

Nº 13 del 15 de Julio de 1995

## DERECHOS DE PROPIEDAD

Todos los derechos reservados. Ninguna parte de esta carta puede ser reproducida, almacenada o transmitida en manera alguna ni por ningún medio ya sea eléctrico, químico, mecánico, óptico, de grabación o de fotocopia, sin el permiso previo por escrito del editor.

## COPYRIGHT

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, stored, or transmitted, in any form or by any means, electric, chemical mechanical or optical, including photocopy, recording, or any information entry, storage or retrieval system, without permission in writing from the publisher.

SERVICIO HIDROGRÁFICO Y OCEANOGRÁFICO DE LA ARMADA

## NOTAS EXPLICATIVAS

Esta Carta N° 1, en forma de fascículo, contiene los símbolos convencionales y las abreviaturas que se emplean en las cartas náuticas de Chile. No obstante, también aparecen en ella, símbolos y abreviaturas que puede encontrarse en cartografía extranjera de eventual uso por navegantes chilenos.

Dichos símbolos convencionales y abreviaturas, están ordenados y numerados de acuerdo con la "Lista Estándar de Símbolos y Abreviaturas" de la Organización Hidrográfica Internacional (OHI); lo cual hace posible compararlos con los símbolos y abreviaturas equivalentes, empleados en las cartas de otros Estados que son miembros de la OHI.

La expresión alfanumérica de los símbolos y abreviaturas en diferentes tipos de letras, representa lo siguiente:

**NÚMEROS VERTICALES;** indican los símbolos y abreviaturas que están de acuerdo con el "Repertorio de Resoluciones Técnicas" de la OHI.

**NÚMEROS INCLINADOS;** indican símbolos no adoptados por la OHI o que difieren de su "Repertorio de Resoluciones Técnicas".

**LETRAS INCLINADAS ENTRE PARÉNTESIS;** indican símbolos agregados a los de la "Lista Estándar de Símbolos y Abreviaturas".

## OBSERVACIONES GENERALES

- 1.— Las sondas y alturas son expresadas en metros. Para profundidades menores de 20 metros, las sondas son expresadas en metros y decímetros, aproximando este último al menor. Las profundidades superiores a los 20 metros, se expresan aproximando la sonda al metro menor.
- 2.— La posición geográfica de una sonda es el centro del número de la profundidad.
- 3.— El nivel de reducción de sondas adoptado, es el nivel de la mayor bajamar de sicigias, estando la Luna en el perigeo.
- 4.— La posición geográfica de un objeto, representado por un símbolo, es el pequeño círculo inscrito de la línea base o el centro de dicho símbolo.
- 5.— La línea de la costa es la de la pleamar.



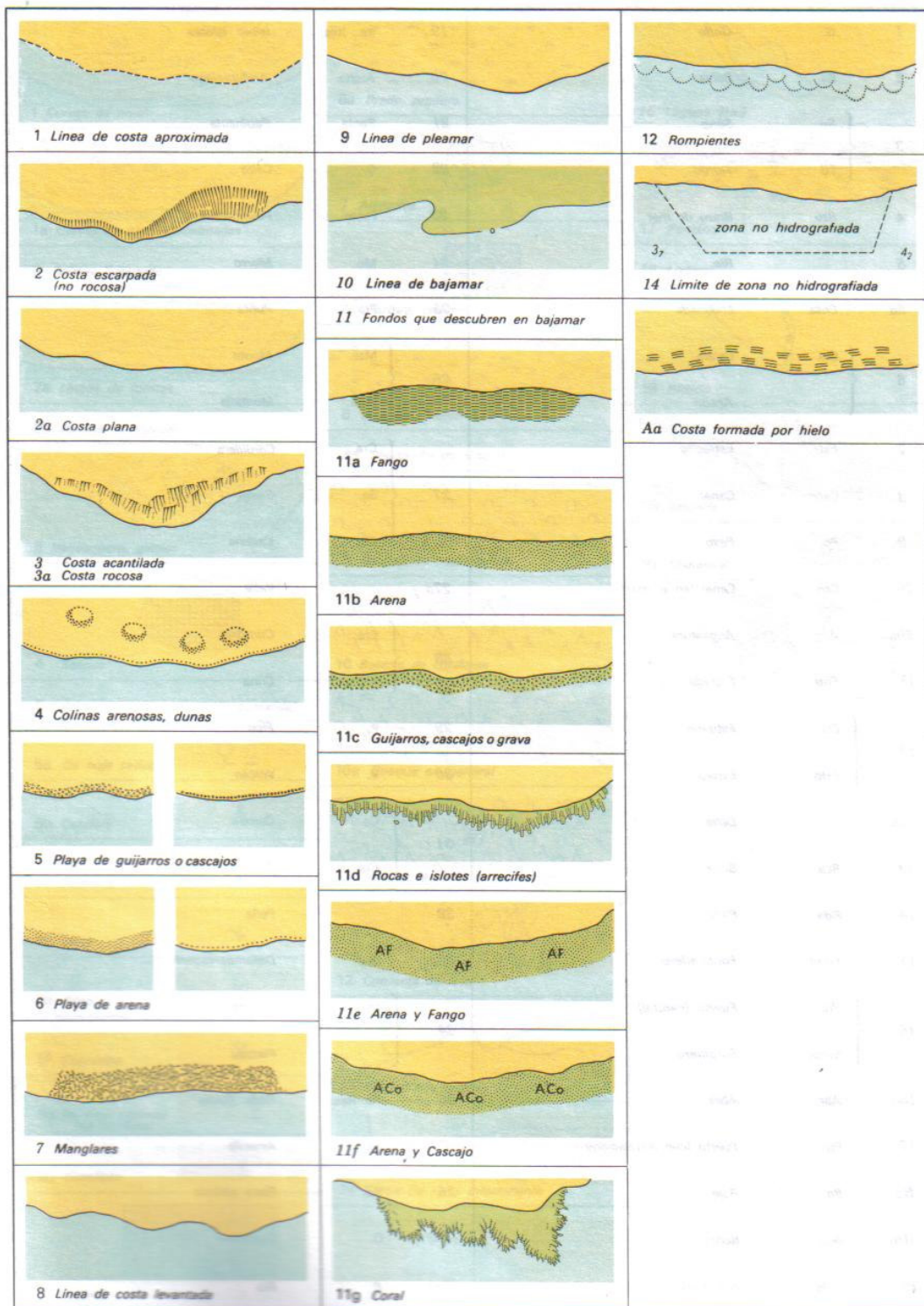
- 6.— Las alturas están referidas al nivel medio del mar y han sido representadas por números que figuran en estilo vertical.
- 7.— Las alturas de los fondos que descubren en bajamar, están referidas al nivel de reducción de sondas y se indican con números del mismo tipo de las sondas, inclinados y subrayados, señalando con ellos alturas y no profundidades.
- 8.— Las alturas de objetos sobre el nivel terrestre, se indican entre paréntesis y con el símbolo  $\sim$  sobre la altura. Ejemplo: ( $\sim 27$ ).
- 9.— El alcance en millas náuticas de los faros, incluidos en las características insertadas en las cartas náuticas, es el alcance nominal.

## ÍNDICE

| SECCIÓN                                          | PÁGINA  |
|--------------------------------------------------|---------|
| A NATURALEZA DE LA COSTA .....                   | 5       |
| B ACCIDENTES DE LA COSTA .....                   | 6       |
| C TOPOGRAFÍA (ACCIDENTES NATURALES) .....        | 7       |
| D PUNTOS DE REFERENCIA .....                     | 8       |
| E UNIDADES DE MEDIDA .....                       | 8       |
| F ADJETIVOS Y OTRAS ABREVIATURAS .....           | 8       |
| G PUERTOS .....                                  | 9       |
| H TOPOGRAFÍA (CONSTRUCCIONES ARTIFICIALES) ..... | 10      |
| I EDIFICIOS .....                                | 11 - 12 |
| J ESTACIONES DIVERSAS .....                      | 12      |
| K LUCES .....                                    | 13 - 14 |
| L BOYAS Y BALIZAS .....                          | 15 - 16 |
| L SISTEMA "A" DE BALIZAMIENTO IALA .....         | 17      |
| M ESTACIONES DE RADIO Y RADAR .....              | 18      |
| N SEÑALES DE NIEBLA .....                        | 18      |
| O PELIGROS .....                                 | 19      |
| P LÍMITES VARIOS .....                           | 20      |
| Q SONDAS .....                                   | 21      |
| R VERILES .....                                  | 22      |
| S NATURALEZA DEL FONDO .....                     | 23      |
| T MAREAS Y CORRIENTES .....                      | 24      |
| U ROSA DE COMPÁS .....                           | 25      |
| ÍNDICE DE LAS ABREVIATURAS .....                 | 26 - 28 |



# A NATURALEZA DE LA COSTA

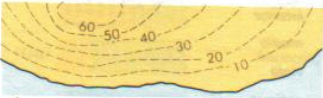
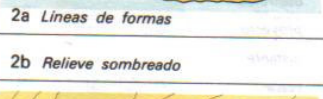
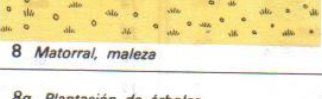
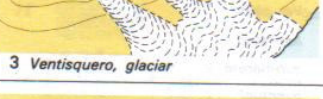
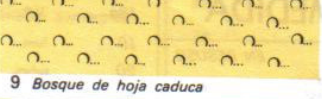
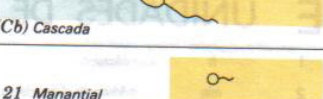
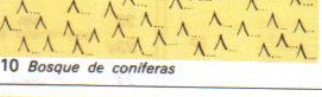
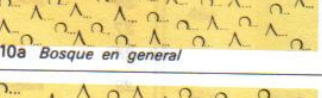
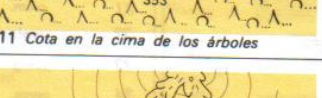
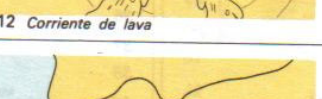


## B ACCIDENTES DE LA COSTA

|      |          |                            |      |            |                 |
|------|----------|----------------------------|------|------------|-----------------|
| 1    | G.       | Golfo                      | 19   | Ite., ltes | Islote, Islotes |
| 2    | Ba.      | Bahía                      | 20   | Archo.     | Archipiélago    |
| 3    | { So.    | Seno                       | 21   | Penla.     | Península       |
|      | { Fd.    | Fiordo                     | 22   | C.         | Cabo            |
| 4    | Bzo.     | Brazo de mar               | 23   | Prom.      | Promontorio     |
| 5    |          | Ría                        | 24   | Mo.        | Morro           |
| 5a   | Ensa.    | Ensenada                   | 25   | Pta.       | Punta           |
| 6    | { Cta.   | Caleta                     | 26   | { Mte.     | Monte           |
|      | { Ancón  |                            |      | { Mña.     | Montaña         |
| 7    | Estr.    | Estrecho                   | 27   | { Cra.     | Cordillera      |
| 8    | Can.     | Canal                      |      | { Sa.      | Sierra          |
| 9    | Po.      | Paso                       |      | { Ca.      | Cadena          |
| 10   | Can.     | Canal (en el mar)          | 27a  |            | Valle           |
| 10a  | Ang.     | Angostura                  | 28   | { Cre.     | Cumbre          |
| 11   | Entr.    | Entrada                    |      | {          | Cima            |
| 12   | { Est.   | Estuario                   | 29   | P.         | Pico            |
|      | { Esto.  | Estero                     | 30   | V.         | Volcán          |
| 12a  |          | Delta                      | 31   | { Co.      | Cerro           |
| 13   | Bca.     | Boca                       |      | { Col.     | Colina          |
| 14   | Rda.     | Rada                       | 32   |            | Peña            |
| 15   | Fond.    | Fondeadero                 | 33   | Des.       | Desembarcadero  |
| 16   | { Pto.   | Puerto (natural)           | 34   | { Mta.     | Meseta          |
|      | { Surgo. | Surgidero                  |      | {          | Plateau         |
| 16a  | Abr.     | Abra                       | 35   | Ra. Ras.   | Roca, Rocas     |
| 17   | Pto.     | Puerto (con instalaciones) | (Bc) | Arr.       | Arrecife        |
| (Ba) | Bo.      | Bajo                       | 36   | Ra.        | Roca aislada    |
| (Bb) | Bco.     | Banco                      | (Bd) | Q.         | Quebrada        |
| 18   | I., ls.  | Isla, Islas                | (Be) | R.         | Rio             |



## C TOPOGRAFÍA (ACCIDENTES NATURALES)

|                                                                                                                                   |                                                                                                                              |                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>1 Curvas de nivel</p>                        |  <p>6a Prado, pradera</p>                   |  <p>16 Laguna (La.)</p> |
|  <p>1a Curvas de nivel aproximadas</p>           |  <p>7 Arrozales</p>                         |  <p>17 Pantano</p>      |
|  <p>2 Relieve Achurado</p>                       |  <p>7a Parque, jardines</p>                 |  <p>18 Lodazal</p>      |
|  <p>2a Líneas de formas</p>                      |  <p>8 Matorral, maleza</p>                  |  <p>19 Rápido</p>       |
|  <p>3 Ventisquero, glaciar</p>                   |  <p>8a Plantación de árboles</p>            |  <p>(Cb) Cascada</p>    |
|  <p>4 Salinas</p>                               |  <p>9 Bosque de hoja caduca</p>            |  <p>21 Manantial</p>   |
|  <p>5 Árboles notables (Posición conocida)</p> |  <p>10 Bosque de coníferas</p>            |  <p>(Cc) Rodado</p>   |
|  <p>5a De hoja caduca</p>                      |  <p>10a Bosque en general</p>             |                                                                                                           |
|  <p>5b Conífera</p>                            |  <p>11 Cota en la cima de los árboles</p> |                                                                                                           |
|  <p>5c Palmera</p>                             |  <p>12 Corriente de lava</p>              |                                                                                                           |
|  <p>5d Nipa</p>                                |  <p>13 Río, arroyo, estero</p>            |                                                                                                           |
|  <p>5e Filao</p>                               |  <p>14 Curso de agua intermitente</p>     |                                                                                                           |
|  <p>5f Casuarina</p>                           |  <p>15 Lago (L.)</p>                      |                                                                                                           |
|  <p>5g De hoja perenne (no coníferas)</p>      |                                                                                                                              |                                                                                                           |
|  <p>(Ca) Eucalipto</p>                         |                                                                                                                              |                                                                                                           |
|  <p>6 Cultivos</p>                             |                                                                                                                              |                                                                                                           |

## D PUNTOS DE REFERENCIA

|      |                                                                                     |                                                    |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 1    |    | Vértice de triangulación                           |
| 1a   |    | Estación astronómica                               |
| 2    |    | Punto de posición determinada                      |
| (Da) |    | Punto de posición aproximada                       |
| 3    |    | Cumbre acotada                                     |
| (Db) |    | Colina notable                                     |
| 4    |    | Punto de observación                               |
| 5    |    | Punto de nivelación                                |
| 6    |    | Punto de vista                                     |
| 7    |    | Punto de referencia para el reticulado de un plano |
| 8    |    | Punto determinado por triangulación gráfica        |
| 9    |    | Astronómico                                        |
| 10   |    | Triangulación                                      |
| 12   |   | Vértice de primer orden                            |
| 13   |  | Vértice de poligonal                               |
| 14   |  | Hito de frontera                                   |

## E UNIDADES DE MEDIDA

|     |       |                       |           |
|-----|-------|-----------------------|-----------|
| 1   | h     | Hora                  | EN DESUSO |
| 2   | min   | Minuto (de tiempo)    |           |
| 3   | s     | Segundo (de tiempo)   | seg.      |
| 4   | m     | Metro                 |           |
| 4a  | dm    | Decímetro             |           |
| 4b  | cm    | Centímetro            |           |
| 4c  | mm    | Milímetro             |           |
| 4d  | m²    | Metro cuadrado        |           |
| 4e  | m³    | Metro cúbico          |           |
| 5   | km    | Kilómetro             |           |
| 6   | in    | Pulgada               |           |
| 7   | ft    | Pié                   |           |
| 8   | yd    | Yarda                 |           |
| 9   | fm    | Braza                 | Br.       |
| 10  |       | Cable                 |           |
| 11  | M     | Milli náutica         |           |
| 12  | kn    | Nudo                  | n. ns.    |
| 12a | t     | Tonelada              |           |
| 12b | cd    | Candela (bujía nueva) |           |
| 13  | Lat.  | Latitud               |           |
| 14  | Long. | Longitud              |           |
| 14a |       | Greenwich             |           |
| 18  | H     | Altitud               | Alt.      |
| 19  |       | Altura, elevación     | Elev.     |
| 20  | °     | Grado                 |           |
| 21  | '     | Minuto (de arco)      |           |
| 22  | "     | Segundo (de arco)     |           |
| 23  | Nº    | Número                |           |

## F ADJETIVOS Y OTRAS ABREVIATURAS

|      |                       |                         |
|------|-----------------------|-------------------------|
| 1    | gde.                  | grande                  |
| 2    | peq.                  | pequeño                 |
| 3    |                       | largo                   |
| 4    |                       | corto                   |
| 5    | ext.                  | exterior                |
| 6    | int.                  | interior                |
| 7    |                       | medio                   |
| 8    |                       | viejo                   |
| 9    | antg.                 | antiguo                 |
| 10   |                       | nuevo                   |
| 11   | { Sn.<br>Sto.<br>Sto. | San,<br>Santo,<br>Santa |
| 12   |                       | conspicuo               |
| 13   | not.                  | notable                 |
| 14   | dest.                 | destruido               |
| 15   |                       | proyecto                |
| 16   | dist.                 | distante                |
| 17   |                       | cerca                   |
| 18   | V.C.                  | Ver carta               |
| 18a  | V.P.                  | Ver plano               |
| 19   | lum.                  | luminoso                |
| 20   | subm.                 | submarino               |
| 21   |                       | eventual                |
| 22   | Aero.                 | Aeronáutico             |
| 23   | sup.                  | superior                |
| 23a  |                       | inferior                |
| 24   |                       | experimental            |
| 25   |                       | suprimida               |
| 26   | proh.                 | prohibido               |
| 27   |                       | explosivo               |
| 28   |                       | establecido             |
| 29   | eléc.                 | eléctrico               |
| 30   | part.                 | particular              |
| 31   | prom.                 | prominente              |
| 32   | regl.                 | reglamento              |
| 33   | sumg.                 | sumergido               |
| 34   | oprox.                | aproximado              |
| 35   |                       | marítimo                |
| 36   |                       | conservado              |
| 37   |                       | abandonado              |
| 38   |                       | temporal                |
| 39   | ocos.                 | ocasional               |
| 40   |                       | extremo                 |
| 41   | nav.                  | navegable               |
| 42   |                       | Avisos a los Navegantes |
| 43   |                       | Instrucciones Náuticas  |
| 44   |                       | Lista de Faros          |
| 45   |                       | Carta nueva             |
| 46   |                       | Nueva edición           |
| 47   |                       | Reimpresión             |
| (Fa) | P. de O.              | Punto de observación    |
| (Fb) | P. de R.              | Punto de referencia     |



# G

## PUERTOS

|      |  |                                |      |  |                                                          |
|------|--|--------------------------------|------|--|----------------------------------------------------------|
| 1    |  | Fondeadero                     | 28   |  | Capitanía de Puerto                                      |
| 3    |  | Puerto (en general)            | 29   |  | Aduana                                                   |
| 4    |  | Puerto (natural)               | 30   |  | Puerto pesquero                                          |
| 5    |  | Puerto (con instalaciones)     | 31   |  | Puerto de internada                                      |
| 6    |  | Dique rompeolas                | 32   |  | Puerto de refugio                                        |
|      |  | Dique, Terraplén               | 33   |  | Puerto para botes                                        |
| (Ga) |  | Malecón, Muralla               | 34   |  | Puerto de varada                                         |
| 7    |  | Molo                           | 35   |  | Dársena                                                  |
| 8    |  | Espigón                        | 36   |  | Dique seco                                               |
| 8a   |  | Espigón sumergido              | 37   |  | Dique flotante                                           |
| 9    |  | Muelle                         | 38   |  | Rejilla de carena                                        |
| 10   |  | Lengua de Tierra               | 39   |  | Varadero, grada                                          |
| 11   |  | Muro (parcialmente sumergido)  | 39a  |  | Rampa                                                    |
| 12   |  | Fondeadero prohibido           | 40   |  | Esclusa                                                  |
| 12a  |  | Fondeadero reservado           | 41   |  | Dique húmedo                                             |
| 12b  |  | Fondeadero de cuarentena       | 42   |  | Astillero                                                |
| 13   |  | Vertedero de Draga             | 43   |  | Astillero para embarcaciones de madera                   |
| 14   |  | Pesquería                      | 44   |  | Sanidad                                                  |
| 14a  |  | Nasas                          | 45   |  | Pontón                                                   |
| 14b  |  | Parador de patos               | 46   |  | Zona prohibida                                           |
| 15   |  | Almadraba                      | 46a  |  | Zona prohibida de pesca (Zona pequeña)                   |
| 15a  |  | Banco de ostras                | 46b  |  | Zona prohibida de fondeo y pesca                         |
| 16   |  | Desembarcadero                 | 47   |  | Fondeadero para hidroaviones                             |
| 17   |  | Aguada                         | 48   |  | Zona de acuatizaje para hidroaviones                     |
| 18   |  | Muelle                         | 49   |  | En construcción                                          |
| 19   |  | Malecón                        | 50   |  |                                                          |
| 20   |  | Sitio de atraque               | 51   |  | Trabajos en proyecto                                     |
| 20a  |  | Fondeadero a la gira numerado  | 52   |  | Zona de restauración                                     |
| 20b  |  | Sitio de atraque numerado      | (Gb) |  | En ruinas                                                |
| 21   |  | Poste de amarre, duque de alba | 53   |  | Punto de llamada para el control de circulación marítima |
| 22   |  | Bitá, Noray                    |      |  |                                                          |
| 23   |  | Arganeo de amarre              |      |  |                                                          |
| 24   |  | Grúa                           |      |  |                                                          |
| 25   |  | Descanso de desembarco         |      |  |                                                          |
| 25a  |  | Escalera de desembarco         |      |  |                                                          |
| 26   |  | Cuarentena                     |      |  |                                                          |
| 27   |  | Lazareto                       |      |  |                                                          |

## H TOPOGRAFÍA (CONSTRUCCIONES ARTIFICIALES)

|     |  |                                                                                          |
|-----|--|------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1   |  | Camino                                                                                   |
| 2   |  | Huello, sendero                                                                          |
| 3   |  | Ferrocarril                                                                              |
| 3a  |  | Tranvía                                                                                  |
| 3b  |  | Estación de Ferrocarril                                                                  |
| 3c  |  | Túnel                                                                                    |
| 3d  |  | Terraplén                                                                                |
| 3e  |  | Zanja, corte                                                                             |
| 3f  |  | Camino y ferrocarril en Terraplén                                                        |
| 4   |  | Teleférico, cable aéreo<br>(altura mínima 20 m.)                                         |
| 5   |  | Conductor de alta tensión                                                                |
| 5a  |  | Poste de línea de alta tensión                                                           |
| 6   |  | Línea telegráfica o telefónica notable                                                   |
| 7   |  | Acueducto, cañería                                                                       |
| 8   |  | Viaducto                                                                                 |
| 8a  |  | Oleoducto                                                                                |
| 9   |  | Poste, pilote                                                                            |
| 9a  |  | Mástil                                                                                   |
| 10  |  | Autopista (Ver H-1)                                                                      |
| 11  |  | Alcantarilla                                                                             |
| 12  |  | Canalización                                                                             |
| 13  |  | Canal, acequia (con esclusa)                                                             |
| 14  |  | Puente en general                                                                        |
| 14a |  | Puente de concreto                                                                       |
| 14b |  | Puente de madera                                                                         |
| 14c |  | Puente de hierro                                                                         |
| 14d |  | Puente colgante                                                                          |
| 15  |  | Puente corredero                                                                         |
| 16  |  | Puente giratorio                                                                         |
| 16a |  | Puente basculante                                                                        |
| 16b |  | Puente levadizo                                                                          |
| 17  |  | Puente de pontones                                                                       |
| 17a |  | Pasarela                                                                                 |
| 18  |  | Puente Transbordador                                                                     |
| 18a |  | Altura disponible para el paso<br>20                                                     |
| 18b |  | Anchura disponible para el paso<br>20                                                    |
| 20  |  | Vado                                                                                     |
| 21  |  | Represa                                                                                  |
| 22  |  | Empalizada                                                                               |
| 23  |  | Muro de contención                                                                       |
| 24  |  | Barrera flotante, corral de madera                                                       |
| 26  |  | Línea de transmisión de poder<br>con pilotes y espacios de seguridad<br>en altura.<br>20 |
| 50  |  | Transbordador                                                                            |



# I

## EDIFICIOS

|     |        |                       |      |          |                      |     |           |                        |
|-----|--------|-----------------------|------|----------|----------------------|-----|-----------|------------------------|
| 1   |        | Ciudad, pueblo        | 17   |          | Calvario, cruz       | 34  | Alm.      | Almacén                |
| 2   |        | Suburbio              | 17a  |          | Cementerio disidente | 34a | Alm. Dep. | Almacén de depósito    |
| 3   |        | Aldea, pueblo pequeño | 18   |          | Cementerio cristiano | 35  |           | Mon. Monumento         |
| 3a  |        | Edificios en general  | 18a  |          | Tumba                | 36  |           | Cúpula                 |
| 4   | Cast.  | Castillo              | 19   |          | Fuerte               | 37  |           | Ascensor               |
| 5   |        | Casa                  | 20   |          | Batería              | 38  |           | Hangar                 |
| 6   |        | Casa de campo         | 21   |          | Cuartel              | 39  |           | Tejado de zinc         |
| 7   |        | Fundo, Hacienda       | 22   | Pol.     | Polvorín             | 40  |           | Ruinas                 |
| 8   | + +    | Iglesia               | 23   |          | Campo de aterrizaje  | 41  |           | Torre, faro abandonado |
| 8a  | + Cot. | Catedral              | 24   |          | Aeropuerto           | 42  |           | Molino de viento       |
| 8b  |        | Torre de campanario   | (Ia) |          | Helipuerto           | 43  |           | Molino de agua         |
| 9   | + +    | Iglesia católica      | 25   |          | Poste de amarre      | 43a |           | Motor a viento         |
| 10  |        | Templo                | 26   |          | Calle                | 44  |           | Chimenea               |
| 11  | + +    | Capilla               | 26a  | Av.      | Avenida              | 45  |           | Torre de agua          |
| 12  |        | Mezquita              | 26b  |          | Bulevar              | 46  |           | Tanque de petróleo     |
| 12a |        | Minarete              | 27   | Tel.     | Telégrafo            | 47  | Fab.      | Fábrica                |
| 13  |        | Morabito              | 28   | Of. Tel. | Oficina de telégrafo | 48  | Asm.      | Aserradero             |
| 14  |        | Pagoda                | 29   |          | Oficina de correos   | 49  |           | Fábrica de ladrillo    |
| 15  |        | Templo Budista        | 30   | Gob.     | Palacio del Gobierno | 50  |           | Mina, cantera          |
| 15a |        | Relicario sintoista   | 31   |          | Municipio            | 51  |           | Pozo                   |
| 16  |        | Monasterio, convento  | 32   |          | Hospital             | 52  |           | Cisterna               |
|     |        |                       | 33   |          | Matadero             | 53  |           | Tanque                 |
|     |        |                       |      |          |                      | 54  |           | Noria                  |
|     |        |                       |      |          |                      | 55  |           | Fuente                 |
|     |        |                       |      |          |                      | 61  | Ins.      | Instituto              |
|     |        |                       |      |          |                      | 62  |           | Establecimiento        |
|     |        |                       |      |          |                      | 63  | Bol.      | Balneario              |

## I TOPOGRAFIA (CONSTRUCCIONES ARTIFICIALES)

### EDIFICIOS

|    |                                                                                   |                     |    |                                                                                   |                                     |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 64 |  | Palacio de Justicia | 72 |  | Frontón                             |
| 65 |  | Escuela             | 73 |  | Muralla                             |
| 66 |  | Edificio            | 74 |  | Pirámide                            |
| 67 |  | Pabellón            | 75 |  | Pilar, columna                      |
| 68 |  | Choza, cabaña       | 76 |  | Plataforma de perforación petrolera |
| 69 |  | Estadio             |    |                                                                                   |                                     |
| 70 |  | Teléfono            |    |                                                                                   |                                     |
| 71 |  | Gasómetro           |    |                                                                                   |                                     |

## J

### ESTACIONES DIVERSAS

|    |                                                                                     |                                    |     |                                                                                     |                                   |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|
| 1  |   | Estación de cualquier clase        | 15  |                                                                                     | Señales de hielos flotantes       |
| 2  |  | Estación                           | 16  |  | Estación de señal horaria         |
| 3  |  | Puesto de Autoridad Marítima       | 16a |                                                                                     | Estación oceanográfica con equipo |
| 4  |  | Puesto de Vigia                    | 16b |                                                                                     | Estación oceanográfica sin equipo |
| 5  |  | Bote salvavidas                    | 17  |                                                                                     | Esfera horaria                    |
| 6  |                                                                                     | Estación de auxilio                | 18  |  | Asta de señales                   |
| 7  |                                                                                     | Lanzamiento de bengalas            | 19  |  | Asta de bandera                   |
| 8  |  | Estación de prácticos              | 19a |                                                                                     | Torre de banderas                 |
| 9  |  | Estación de señales                | 20  |  | Señal                             |
| 10 |  | Semáforo                           | 21  |  | Observatorio                      |
| 11 |                                                                                     | Estación de señales de temporal    | 22  |                                                                                     | Oficina                           |
| 12 |                                                                                     | Estación de señales meteorológicas |     |                                                                                     |                                   |
| 13 |                                                                                     | Estación de señales de mareas      |     |                                                                                     |                                   |
| 14 |                                                                                     | Estación de señales de corrientes  |     |                                                                                     |                                   |



# K

## BOY LUCES ALFAS

|    |     |                            |      |         |                                |
|----|-----|----------------------------|------|---------|--------------------------------|
| 1  | ☆ • | Posición de luz            | (Ka) | D.L.    | Destello largo                 |
| 2  | L   | Luz                        | 23a  | Iso.    | Isofase                        |
| 2a |     | Representación de luz      | 24   | Cl      | Centellante                    |
| 3  |     | Faro                       | (Kb) | Cl.R.   | Centellante rápido             |
| 4  |     | Faro Aeronáutico           | 25   |         | Centellante discontinuo        |
| 4a |     | Luz aeromarítima           | 25a  |         | Destellos cortos               |
| 5  |     | Baliza luminosa            | 26   | Al.     | Alternada                      |
| 6  |     | Buque faro                 | 27   | Gr.Dc.  | Grupo de ocultaciones          |
| 8  |     | Fanal                      | 28   | Gr.D.   | Grupo de destellos             |
| 9  |     | Farol de alumbrado público | 28a  | Gr.D.C. | Grupos de destellos combinados |
| 10 |     | Reflector                  | 28b  |         | Grupos de destellos cortos     |
| 11 |     | Luces de enfilación        | 29   | F.D.    | Luz fija y de destellos        |
| 12 |     | Sector luminoso            | 30   | F.Gr.D. | Luz fija y grupos de destellos |
| 13 |     | Luz direccional            | 30a  | Mo.     | Código Morse                   |
| 14 |     | Luz de puerto              | 31   | G.      | Giratoria                      |
| 15 |     | Luz de pesca               | 41   |         | Periodo                        |
| 16 |     | Luz de mareas              | 42   | c.      | Cada                           |
| 17 |     | Luz particular             | 43   |         | Con                            |
| 21 | F   | Luz fija                   | 44   | Vis.    | Visibilidad (alcance)          |
| 22 | Oc. | Ocultaciones               | 45   | D.      | Destello                       |
| 23 | D.  | Destellos                  | 46   | Oc.     | Ocultación                     |
|    |     |                            | 46a  | E.      | Eclipse                        |
|    |     |                            | 47   | Gr.     | Grupo                          |
|    |     |                            | 48   |         | Luz intermitente               |

K

## LUCES

K

|     |        |                         |      |                   |
|-----|--------|-------------------------|------|-------------------|
| 49  | Sec.   | Sector                  | 78   | Posterior         |
| 50  |        | Color de sector         | 79   | Anterior          |
| 51  |        | Luz auxiliar            | 80   | Verticales        |
| 52  |        | Variado                 | 81   | Horizontales      |
| 61  | Vi.    | Violeta                 | (Kc) | C.P. Con personal |
| 62  |        | Púrpura                 |      |                   |
| 63  | Az.    | Azul                    |      |                   |
| 64  | V.     | Verde                   |      |                   |
| 65  | Nja.   | Naranja                 |      |                   |
| 66  | R.     | Roja                    |      |                   |
| 67  | B.     | Blanca                  |      |                   |
| 67a | Am.    | Ambar                   |      |                   |
| 68  | Osc.   | Oscuro                  |      |                   |
| 68a |        | Luz detectora de niebla |      |                   |
| 70  | Ocas.  | Ocasional               |      |                   |
| 71  | Irreg. | Luz irregular           |      |                   |
| 72  | Prov.  | Provisoria              |      |                   |
| 73  |        | Temporal                |      |                   |
| 74  |        | Apagada                 |      |                   |
| 75  |        | Débil                   |      |                   |
| 76  |        | Superior                |      |                   |
| 77  |        | Inferior                |      |                   |



# L

## BOYAS Y BALIZAS

|     |                                                                                     |                               |     |                                                                                     |                                                |
|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|
| 1   |    | Posición de una boya o baliza | 18  |    | Boya de confluencia                            |
| 2   |    | Boyas luminosas               | 19  |    | Boya de peligro aislado                        |
| 3   |    | Boya de campana               | 20  |    | Boya de naufragio                              |
| 3a  |                                                                                     | Boya de gong                  | 20a |    | Boya de obstrucción                            |
| 4   |    | Boya de silbato               | 21  |                                                                                     | Boya de cable telegráfico                      |
| 5   |    | Boya cilíndrica               | 22  |    | Boya de amarra                                 |
| 6   |    | Boya cónica                   | 22a |                                                                                     | Peso Muerto                                    |
| 7   |    | Boya esférica                 | 22b |    | Boya de amarra con comunicaciones telegráficas |
| 8   |    | Boya con mástil               | 22c |                                                                                     | Boya de amarra con comunicaciones telefónicas  |
| 8a  |                                                                                     | Boya de huso                  | 23  |   | Boya pilar                                     |
| 9   |  | Boyas con marcas de tope      | 24  |                                                                                     | Boya de cuarentena                             |
| 10  |  | Boya barril                   | 24a |                                                                                     | Boya de zona de ejercicios                     |
| 12  |                                                                                     | Luz flotante                  | 25  |                                                                                     | Boya de fondeadero para explosivos             |
| 13  |                                                                                     | Boya de recalada              | 25a |  | Boya de fondeadero para hidroaviones           |
| 14  |                                                                                     | Boya de canal                 | 26  |                                                                                     | Boya de compensación de compás                 |
| 14a |  | Boya de medio canal           | 27  |                                                                                     | Boya de pesca                                  |
| 15  |  | Boya de estribor              | 27a |                                                                                     | Boya de vertedero de draga                     |
| 16  |  | Boya de babor                 | 28  |                                                                                     | Boya de fondeadero                             |
| 17  |                                                                                     | Boya de bifurcación           | 29  |                                                                                     | Ayuda privada a la navegación                  |

|     |                                                                                         |                                   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|
| 30  |        | Boya provisoria                   | 54 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Torre baliza                          |
| 30a |        | Boya para la estación de invierno | 55 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Sistema cardinal de balizamiento      |
| 31  |        | A franjas horizontales            | 56 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Baliza para compensación de compás    |
| 32  |        | A franjas verticales              | 57 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Marcas de tope                        |
| 33  |        | A cuadros                         | 58 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Baliza de amarre de cable telegráfico |
| 33a |        | A franjas diagonales              | 59 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Pilotes, estacas, troncos, palos      |
| 41  |  B     | Blanco                            | 61 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Montón de piedras                     |
| 42  |  N     | Negro                             | 62 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Pintado a manchas                     |
| 43  |  R     | Rojo                              | 63 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             | Marca en tierra                       |
| 44  |  A    | Amarillo                          | 64 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | Reflector                             |
| 45  |  V   | Verde                             | 65 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Balizas de enfilación                 |
| 46  |      | Pardo                             | 66 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           | Boya de investigación petrolera       |
| 47  |      | Gris                              | 67 | <br>Superboya<br>Tipos principales de superboya:<br> LANBY (de navegación automática)<br> TANKER (terminal barcos petroleros)<br> ODAS (obtención de datos oceanográficos, meteorológicos, etc.) |                                       |
| 48  |  Az  | Azul                              |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |
| 48a |  Am  | Ambar                             |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |
| 48b |  Nja | Naranja                           |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |
| 51  |      | Balizas flotantes                 | 70 | Ver el nuevo sistema de balizamiento empleado por ciertos países extranjeros. (pág. 17)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                       |
| 52  |      | Balizas fijas                     |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |
| 53  |      | Baliza en general                 |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                       |



L

# SISTEMA "A" DE BALIZAMIENTO IALA \*

SISTEMA COMBINADO CARDINAL Y LATERAL (Rojo a Babor)

## APLICADO EN AGUAS DE CIERTOS PAISES EXTRANJEROS. NO EN CHILE

Este sistema se aplica a todas las señales fijas y flotantes, excepto a los faros, luces de sector y marcas de enfílación, buques faros y superboyas.

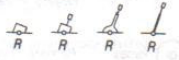
### MARCAS CIEGAS

#### SISTEMA LATERAL

Empleado generalmente para definir los límites de canales.

##### A BABOR

Color: Rojo  
Marca de tope (si lleva): cilíndrica



Símbolo utilizado para aclarar la dirección del balizamiento

##### A ESTRIBOR

Color: Verde o negro  
Marca de tope (si lleva): cónica

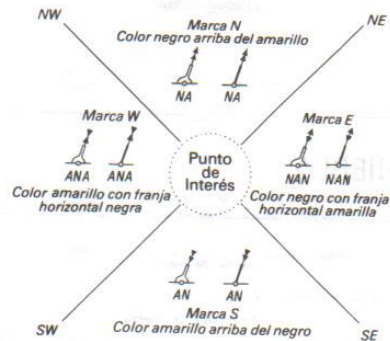


Luz verde: cualquiera característica

#### SISTEMA CARDINAL

El nombre de la marca indica las aguas navegables respecto a ellas.

Marca de tope: 2 conos negros



Luz blanca para todos los cuadrantes

PERIODO  
CtR o Ct.

Marca N  
CtR o Ct.

Marca E  
CtR (3) 5s  
Ct (3) 10s

Marca S  
CtR (6) + DL. 10s.  
Ct (6) + DL. 15s.

Marca W  
CtR (9) 10s  
Ct (9) 15s.

Las luces de boyas con mástil tienen las mismas abreviaturas. Pueden omitirse en la carta los periodos 5, 10 o 15 segundos.

CtR = luz centelleante rápida de 100 a 120 destellos por minuto  
Ct = luz centelleante de 50 a 60 destellos por minuto  
DL = destello largo es de 2 segundos ó mas de duración

#### PELIGRO AISLADO

La marca está situada sobre el peligro rodeado de aguas navegables.

Color: Negro con franja (s) horizontal roja  
Marca de tope: 2 esferas negras



Luz blanca

AGUAS NAVEGABLES  
Incluidas las marcas tales como de medio canal y recalada.

Color: Franjas verticales rojas y blancas  
Marca de tope (si lleva): una esfera roja



Luz blanca

#### MARCAS ESPECIALES

No son principales pero ayudan a la navegación indicando detalles especiales.

Color: Amarillo  
Marca de tope (si lleva): amarilla  
Forma: opcional



Luz amarilla

FORMAS ESTANDAR DE LAS BOYAS : cilíndrica , cónica , esférica , de huso  y con mástil ; puede haber variaciones.

ABREVIATURAS DE COLORES van debajo de los símbolos de las boyas, algunas veces pueden omitirse en las boyas de esqueleto.

PERÍODOS DE LUCES donde figuren, se indican así: 10s (para 10 segundos)

REFLECTORES RADAR, no figuran en este gráfico.

\* INTERNATIONAL ASSOCIATION OF LIGHTHOUSE AUTHORITIES

# M

## ESTACIONES DE RADIO Y RADAR

|     |                                                                                   |                                  |     |                                                                                   |                                              |
|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|-----|-----------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| 1   |  | Estación radiotelegráfica        | 11  |  | Estación de radar                            |
| 2   |  | Estación radiotelefónica         | 12  |  | Baliza que responde al radar                 |
| 3   |  | Radiofaro                        | 13  |  | Reflector radar                              |
| 4   |  | Radiofaro circular               | 14  |                                                                                   | Objeto notable al radar                      |
| 5   |  | Radiofaro dirigido               | 14a |  | Ramark (baliza radar)                        |
| 6   |  | Radiofaro giratorio              | 15  |                                                                                   | Estación telemétrica (señales sincronizadas) |
| 7   |  | Estación radiogoniométrica       | 16  |  | Radiofaro aeronáutico                        |
| 9   |  | Antena de radio, torre de radio  | 17  |                                                                                   | Estación Decca                               |
| 9a  |  | Antena de televisión             | 18  |                                                                                   | Estación Loran                               |
| 10  |                                                                                   | Estación de radiodifusión        | 19  |                                                                                   | Estación Consol                              |
| 10a |  | Estación radiotelegráfica Q.T.G. |     |                                                                                   |                                              |

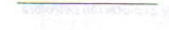
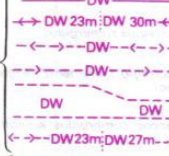
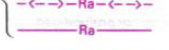
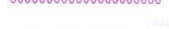
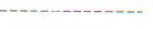
# N

## SEÑALES DE NIEBLA

|      |                                                                                     |                                                                 |      |                                                                                     |                                                  |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 1    |  | Estación de señales de niebla                                   | 11   | Sir.                                                                                | Sirena de niebla                                 |
| (Na) | S.N.                                                                                | Señal de niebla                                                 | 12   |                                                                                     | Trompeta de niebla                               |
| 2    |                                                                                     | Estación de radiosignales de niebla                             | 13   |                                                                                     | Bocina de niebla                                 |
| 3    |                                                                                     | Señales explosivas de niebla                                    | 13a  |                                                                                     | Bocina eléctrica de niebla                       |
| 4    | S.S.N.                                                                              | Señal submarina de niebla                                       | 14   |                                                                                     | Campana de niebla                                |
| 5    |  | Señal de niebla de campana para submarinos (accionada por olas) | 15   | Silb.                                                                               | Silbato de niebla                                |
| 6    |                                                                                     | Señal de niebla de campana para submarinos (mecánica)           | 16   |                                                                                     | Bocina de lengüeta                               |
| 7    | O. Sub.                                                                             | Oscilador submarino                                             | 17   |                                                                                     | Gong de niebla                                   |
| 8    | Nautóf.                                                                             | Nautófono                                                       | 18   |  | Señal acústica submarina no conectada a la costa |
| 9    | Diáf.                                                                               | Diáfono                                                         | 18a  |  | Señal acústica submarina conectada a la costa    |
| 10   |                                                                                     | Cañón de niebla                                                 | (Nb) | Mo.                                                                                 | Código morse                                     |



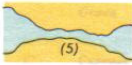
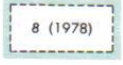
|     |       |                                                                                |
|-----|-------|--------------------------------------------------------------------------------|
| 1   |       | Roca que nunca cubre (altura referida al nivel medio)                          |
| 2   |       | Roca que cubre y descubre (altura referida al nivel de reducción de sondas)    |
| 3   |       | Roca que aflora en bajamar                                                     |
| 4   |       | Roca sumergida peligrosa para la navegación de superficie                      |
| 5   |       | Sonda de una roca aislada                                                      |
| 6   |       | Roca sumergida no peligrosa para la navegación de superficie                   |
| 6a  |       | Peligro sumergido con sonda determinada por rastro hidrográfica                |
| 7   |       | Arrecife de extensión desconocida                                              |
| 8   |       | Volcán submarino                                                               |
| 8a  | SMr.  | Monte submarino                                                                |
| 9   |       | Agua descolorida                                                               |
| 10  |       | Arrecife de coral                                                              |
|     |       | Cubre y descubre                                                               |
|     |       | Sumergido                                                                      |
| 11  |       | Restos de naufragio con casco o superestructura visible                        |
| 12  |       | Naufragio con mástiles visibles                                                |
| 13  |       | Antiguos símbolos para restos de naufragio                                     |
| 13a |       | Naufragio parcialmente sumergido                                               |
| 14  |       | Naufragio sumergido que constituye peligro para la navegación de superficie    |
| 15  |       | Naufragio con profundidad conocida                                             |
| 15a |       | Naufragio con profundidad verificada con rastro hidrográfica                   |
| 16  |       | Naufragio sumergido que no constituye peligro para la navegación de superficie |
| 17  |       | Fondo peligroso                                                                |
| 17a |       | Dunas submarinas                                                               |
| 18  |       | Escarceos                                                                      |
| 19  |       | Remolinos                                                                      |
| 20  |       | Sargazos, algas, hierbas marinas                                               |
| 21  | Bco   | Banco                                                                          |
| 22  |       | Bajo                                                                           |
| 23  |       | Arrecife                                                                       |
| 23a | Rgo.  | Restinga                                                                       |
| 24  |       | Arrecifes                                                                      |
| 25  |       | Rompién                                                                        |
| 26  |       | Roca sumergida                                                                 |
| 27  |       | Obstrucción                                                                    |
| 27a |       | Plataforma de explotación petrolera                                            |
| 28  | Wk    | Naufragio                                                                      |
| 29  |       | Grupo de naufragios sumergidos                                                 |
| 29a |       | Restos de naufragio (solamente peligroso para el fondeo)                       |
| 30  |       | Postes o troncos sumergidos empotrados                                         |
| 30a |       | Postes o troncos sumergidos empotrados, con posición exacta                    |
| 31  | 14 SD | Posibilidad de menor profundidad                                               |
| 32  |       | Aflora                                                                         |
| 33  |       | Cubierto                                                                       |
| 34  |       | Descubierto                                                                    |
| 35  | Rep.  | Reportado                                                                      |
| 36  |       | Descolorido                                                                    |
| 37  |       | Peligro aislado                                                                |
| 38  |       | Límite insidioso                                                               |
| 39  |       | Límite de zona rocosa                                                          |
| 41  | PA    | Posición aproximada                                                            |
| 42  | PD    | Posición dudosa                                                                |
| 43  | ED    | Existencia dudosa                                                              |
| 44  | Posn. | Posición                                                                       |
| 45  |       | Dudosa                                                                         |
| 46  |       | No comprobado                                                                  |

|      |                                                                                     |                                                                                                              |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1    |    | Enfilación y derrota                                                                                         |
| 2    |    | Posición por objetos fijos en línea                                                                          |
| 3    |    | Alineación                                                                                                   |
| 4    |    | Límite de sector                                                                                             |
| 5    |    | Derrota recomendada (señalada por boyas y balizas). (Ver P 21)                                               |
| 5a   |    | Derrota para buques de gran calado<br>(señaladas por boyas y balizas).<br>(no señaladas por boyas y balizas) |
| 6    |    | Derrota guiada por radar                                                                                     |
| 6a   |  | Esquema de separación de tráfico                                                                             |
| 6b   |  | Esquema de separación de tráfico en rodeo                                                                    |
| 7    |  | Cable submarino (de alta tensión, telegráfico, telefónico, etc.)                                             |
| 7a   |  | Zona de cables submarinos                                                                                    |
| 7b   |  | Cable submarino abandonado                                                                                   |
| 8    |  | Cañería submarina                                                                                            |
| 8a   |  | Zona de cañería submarina                                                                                    |
| 9    |  | Límite marítimo en general                                                                                   |
| 10   |  | Zona de pesca                                                                                                |
| 11   |    | Límite de vertedero de tierra<br>(Ver P 9, G 13)                                                             |
| 12   |    | Límite de fondeadero                                                                                         |
| 13   |    | Límite de aeropuerto                                                                                         |
| 13a  |    | Límite de zona de ejercicios militares                                                                       |
| 14   |    | Límite de mar territorial,<br>Límite de soberanía (aguas territoriales)                                      |
| 15   |    | Límite de aduana                                                                                             |
| 16   |    | Límite internacional                                                                                         |
| 17   |    | Límite de corrientes                                                                                         |
| 18   |  | Límites de hielos                                                                                            |
| 19   |  | Límite de mareas                                                                                             |
| 20   |  | Límite de navegación                                                                                         |
| 21   |  | Derrota recomendada (no señalada por boyas o balizas)                                                        |
| 22   |  | Límite de distrito o provincia                                                                               |
| 23   |  | Límite de reservación                                                                                        |
| 24   |  | Distancia medida, milla medida<br>1852 m 090°-270°                                                           |
| 25   |  | Límite de zona prohibida                                                                                     |
| 25a  |  | Zona prohibida de pesca<br>(Zona extensa)                                                                    |
| (Pa) |  | Líneas de base rectas                                                                                        |
| (Pb) |  | Límite de zona contigua                                                                                      |
| (Pc) |  | Límite de zona económica exclusiva                                                                           |



# Q

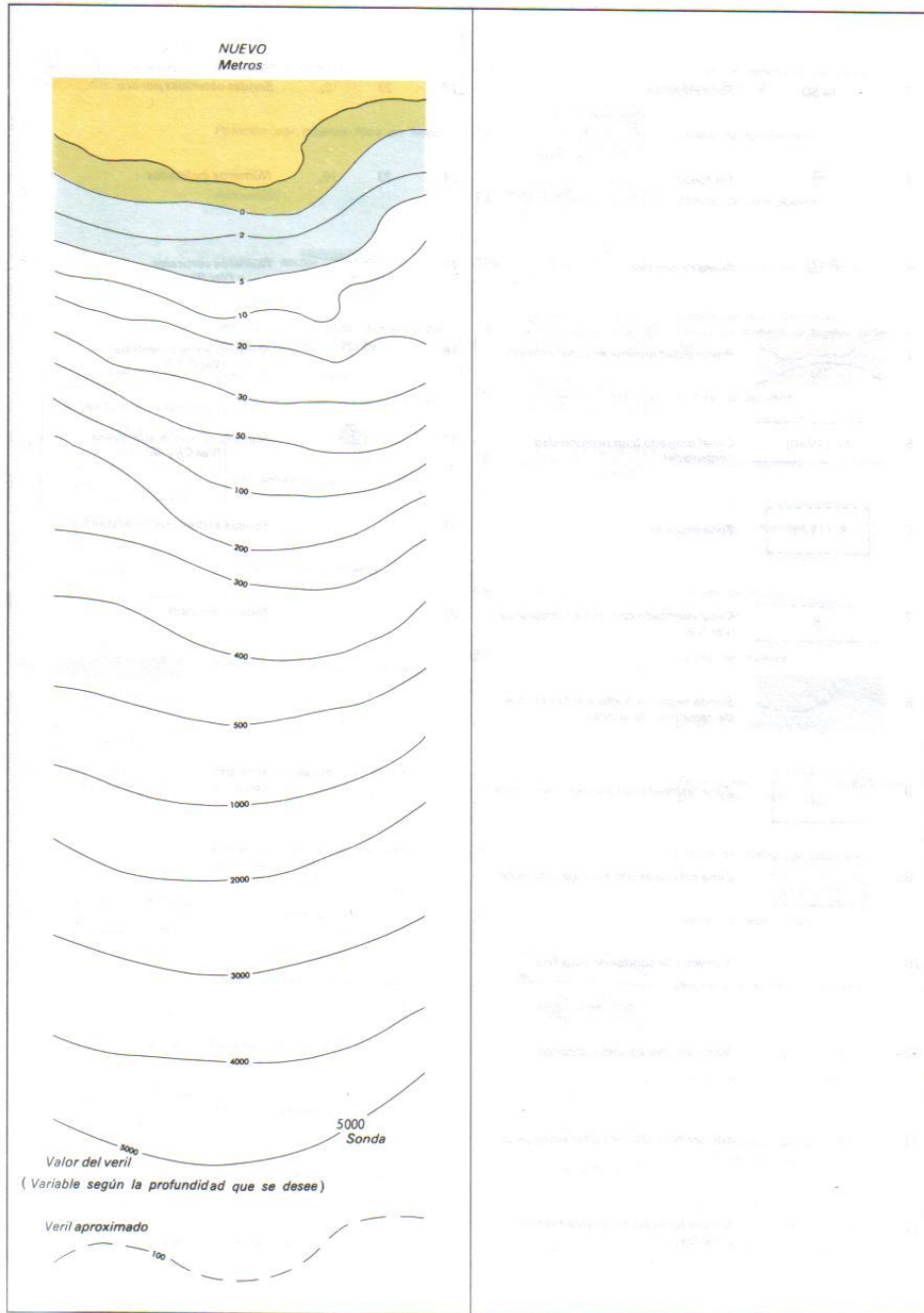
## NATURASONDAS

|     |                                                                                       |                                                                  |    |                                                                                       |                 |                                            |
|-----|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|
| 1   | 14 SD                                                                                 | Sonda dudosa                                                     | 13 | 23                                                                                    | 10 <sub>4</sub> | Sondas obtenidas por eco                   |
| 2   | $\frac{7}{70}$                                                                        | Sin fondo                                                        | 14 | 23                                                                                    | 10 <sub>4</sub> | Números inclinados                         |
| 3   |  (2) | Fuera de posición                                                | 15 |      |                 | Números verticales<br>(Ver R)              |
| 4   |      | Profundidad mínima en canal estrecho                             | 16 |  (2) |                 | Números entre paréntesis<br>(Ver O 1,2)    |
| 5   | 5 <sub>7</sub> (1980)                                                                 | Canal dragado (con profundidad controlada)                       | 17 |  3   |                 | Número de sonda subrayada<br>(Ver O8 y O2) |
| 6   |      | Zona dragada                                                     | 18 |      |                 | Sondas expresadas en brazas y pies         |
| 7   |      | Canal verificado con rastra hidrográfica<br>(Ver Q9)             | 22 |     |                 | Zona no sondada                            |
| 8   |    | Sonda negativa o altura sobre el nivel<br>de reducción de sondas |    |                                                                                       |                 |                                            |
| 9   |    | Zona rastreada con sondaje insuficiente                          |    |                                                                                       |                 |                                            |
| 9a  |    | Zona rastreada con sondaje suficiente                            |    |                                                                                       |                 |                                            |
| 10  |                                                                                       | Números de sondas de línea fina                                  |    |                                                                                       |                 |                                            |
| 10a | 23                                                                                    | 10 <sub>4</sub>                                                  |    |                                                                                       |                 |                                            |
| 11  | 23                                                                                    | 10 <sub>4</sub>                                                  |    |                                                                                       |                 |                                            |
| 12  | 23                                                                                    | 10 <sub>4</sub>                                                  |    |                                                                                       |                 |                                            |

R

LIMITES VERILES

Q

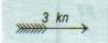
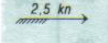
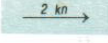




## S

## NATURALEZA DEL FONDO

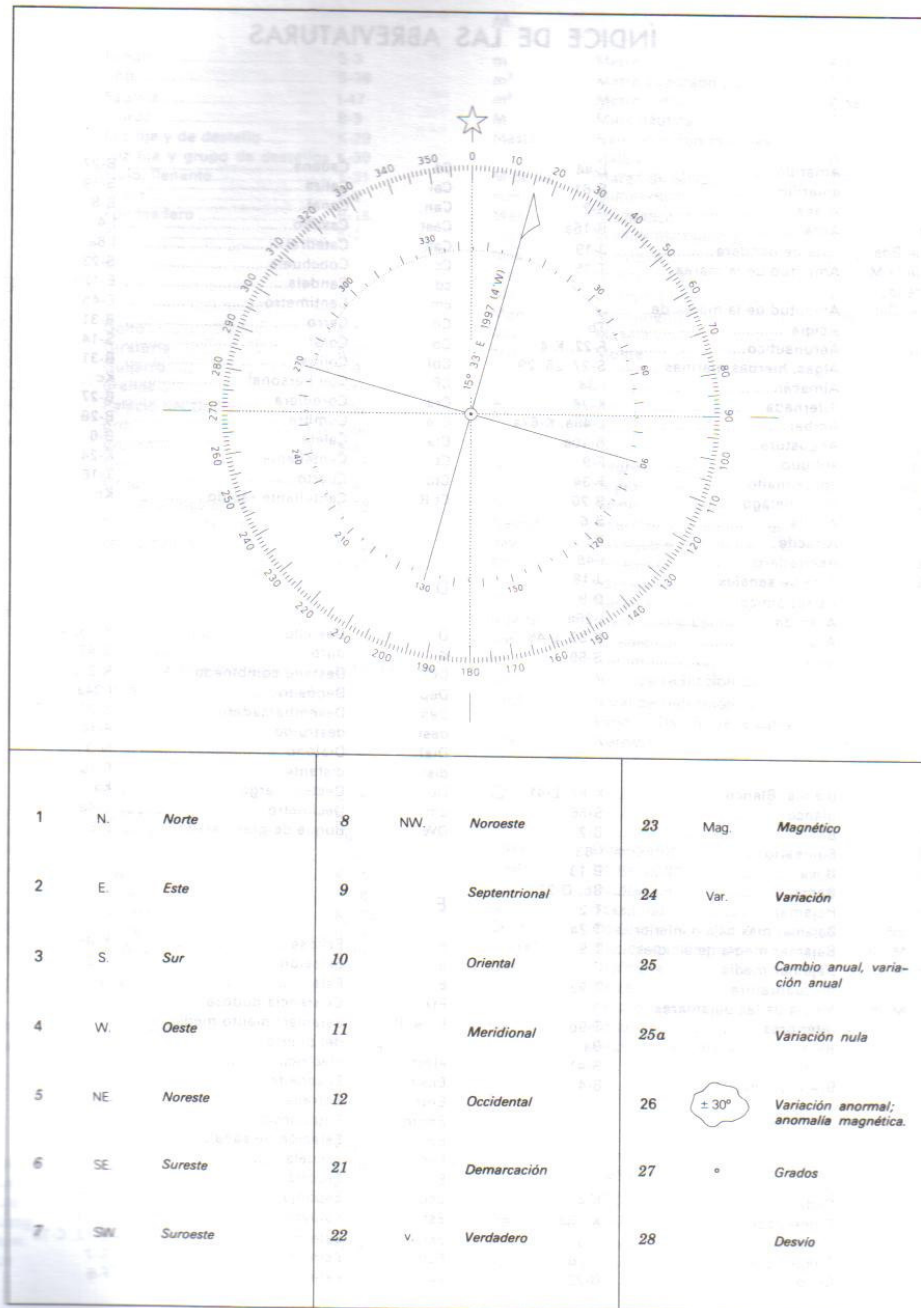
|     |      |              |     |     |                      |    |                                                                                       |                                          |
|-----|------|--------------|-----|-----|----------------------|----|---------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1   |      | Fondo        | 24  | Os  | Ostra                | 49 |                                                                                       | rayado                                   |
| 2   | A    | Arena        | 25  |     | Choro                | 50 |                                                                                       | manchado                                 |
| 3   | F    | Fango        | 26  | Esp | Esponja              | 51 |                                                                                       | arenoso                                  |
| 4   |      | Limo         | 27  | }   | Alg                  | 52 |                                                                                       | dañado                                   |
| 5   |      | Marga        | 28  |     |                      | 53 |                                                                                       | empedrado                                |
| 6   | Arc. | Arcilla      | 29  |     |                      | 54 |                                                                                       | glacial                                  |
| 7   |      | Grava        | 31  |     | Espiciformes         | 55 |                                                                                       | De buen tenedero                         |
| 8   | C    | Cascajo      | 32  |     | Foraminíferas        | 56 | b                                                                                     | blanco                                   |
| 9   | G    | Guijarro     | 33  |     | Globigerinas         | 57 | n                                                                                     | negro                                    |
| 10  | P    | Piedra       | 34  |     | Diatomeas            | 58 | vi                                                                                    | violeta                                  |
| 11  | R    | Roca         | 35  |     | Radiolarios          | 59 | az                                                                                    | azul                                     |
| 11a |      | Canto rodado | 36  |     | Moluscos             | 60 | v                                                                                     | verde                                    |
| 12  | Gr.  | Greda        | 37  |     | Polizoarios          | 61 | a                                                                                     | amarillo                                 |
| 12a |      | Calcáreo     | 38  |     | Cirrópodos           | 62 | nja                                                                                   | naranja                                  |
| 13  |      | Cuarzo       | 38a |     | Focus                | 63 | r                                                                                     | rojo                                     |
| 13a |      | Pizarra      | 38b |     | Mattes               | 64 | por                                                                                   | pardo                                    |
| 14  | Co   | Coral        | 39  | f   | fino                 | 65 |                                                                                       | marrón                                   |
| 15  |      | Madrépora    | 40  | gru | grueso               | 66 | gr                                                                                    | gris                                     |
| 16  |      | Volcánica    | 41  | bo  | blando               | 67 |                                                                                       | claro                                    |
| 17  | Lv   | Lava         | 42  | d   | duro                 | 68 | osc                                                                                   | oscuro                                   |
| 18  |      | Piedra pómez | 43  |     | rígido               | 70 |                                                                                       | mezclado                                 |
| 19  | Col. | Caliza       | 44  |     | pequeño              | 71 |                                                                                       | desigual                                 |
| 20  | Esc. | Escoria      | 45  |     | grande               | 76 |  | fuelle de agua dulce en el fondo del mar |
| 21  |      | Carbón       | 46  |     | pegajoso             |    |                                                                                       |                                          |
| 21a |      | Ceniza       | 47  |     | quebrado             |    |                                                                                       |                                          |
| 22  |      | Manganeso    | 47a |     | conchuelas quebradas |    |                                                                                       |                                          |
| 23  | Cc   | Conchuela    | 48  |     | podrido              |    |                                                                                       |                                          |

|      |             |                                                                       |      |                                                                                     |                                                                   |
|------|-------------|-----------------------------------------------------------------------|------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| 1    | Pm.         | Pleamar                                                               | 15   | Equin.                                                                              | Equinoccial                                                       |
| 1a   | Pm. sup.    | Pleamar más alta o superior                                           | 16   | Cto. C.                                                                             | Cuarto, cuadratura                                                |
| 2    | Bm.         | Bajamar                                                               | 17   |                                                                                     | Corriente                                                         |
| 2a   | Bm. inf.    | Bajamar más baja o inferior                                           | 18   |    | Corriente general con velocidad                                   |
| 3    | N. M.       | Nivel medio de la marea                                               | 19   |    | Corriente de flujo con velocidad                                  |
| 4    | N. M. M.    | Nivel medio del mar                                                   | 20   |    | Corriente de reflujo con velocidad                                |
| 4a   | Zo.         | Altura del nivel medio del mar sobre el nivel de reducción de sondas. | 21   |    | Escala de mareas, mareógrafo                                      |
| (Ta) | So.         | Altura del nivel medio sobre el cero de la escala de mareas           | 23   |                                                                                     | Velocidad                                                         |
| 5    | N.R.S.      | Nivel de reducción de sondas (Datum de la carta)                      | 24   | kn                                                                                  | Nudo, nudos                                                       |
| 6    | M. de Sic.  | Marea de sicigia                                                      | 25   | H                                                                                   | Altura                                                            |
| 7    |             | Marea de cuadratura                                                   | 26   |                                                                                     | Marea                                                             |
| 7a   |             | Pleamar media                                                         | 27   |                                                                                     | Luna nueva                                                        |
| 8    | Pm. M. Sic. | Pleamar media de sicigias                                             | 28   |                                                                                     | Luna llena                                                        |
| 8a   | Pm. M. C.   | Pleamar media de cuadratura                                           | 29   | Ord                                                                                 | Ordinaria                                                         |
| 8b   | Pm. M. Sup. | Pleamar media superior                                                | 30   | Sic.                                                                                | Sicigia                                                           |
| 8c   |             | Bajamar media                                                         | 31   | Fl.                                                                                 | Flujo, llenante                                                   |
| 9    | Bm. M. Sic. | Bajamar media de sicigias                                             | 32   |                                                                                     | Reflujo, vaciante                                                 |
| 9a   | Bm. M. C.   | Bajamar media de cuadratura                                           | 33   |                                                                                     | Diagrama de las corrientes de mareas                              |
| 9b   | Bm. M. Inf. | Media de las bajamares inferiores                                     | 34   |  | Lugar para el cual se dan datos de corrientes en forma de cuadro. |
| 10   |             | Bajamar de sicigia de India                                           | 35   | A. de la M.                                                                         | Amplitud de la marea                                              |
| 11   |             | Establecimiento del puerto (vulgar)                                   | (Tb) | A. de la M. en Sic.                                                                 | Amplitud de la marea de sicigia                                   |
| 12   |             | Establecimiento de bajamar                                            | 36   |                                                                                     | Retardo de fase                                                   |
| 13   | E. del P.   | Establecimiento del puerto (medio)                                    |      |                                                                                     |                                                                   |
| 13a  |             | Establecimiento del puerto                                            |      |                                                                                     |                                                                   |
| 14   |             | Unidad de altura                                                      |      |                                                                                     |                                                                   |



U

# ROSA DE COMPÁS

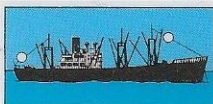
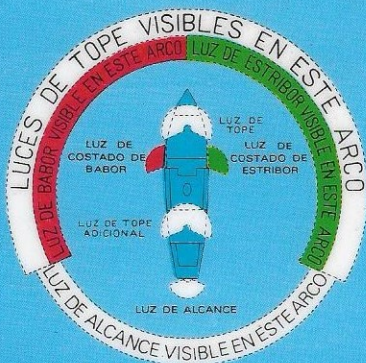




# REGLAMENTO

Aprobado

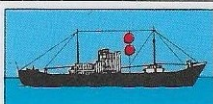
## SEÑALES Y LUCES DE NOCHE



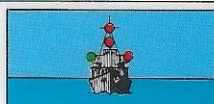
Buque mayor de 50 metros fondeado.  
(Ambas luces visibles en todo el horizonte).



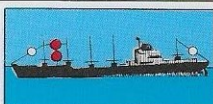
Buque menor de 50 metros fondeado.  
(Luz visible en todo el horizonte).



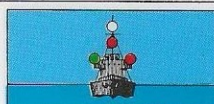
Buque sin gobierno y sin movimiento.  
(Luces rojas visibles en todo el horizonte).



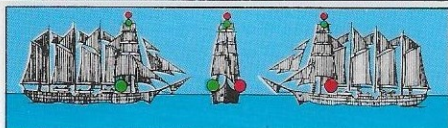
Buque sin gobierno y en movimiento.



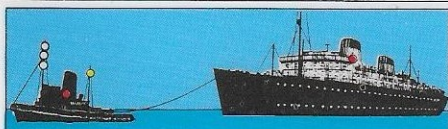
Buque varado.



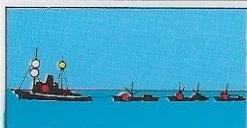
Embarcación de práctico navegando.



Veleros en movimientos.  
(Luces roja y verde de tope opcionales).



Buque que remolca a otro con capacidad de maniobra restringida; largo del remolque mayor de 200 metros.

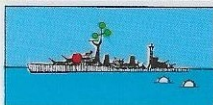


Buque que remolca a otro, con capacidad de maniobra restringida; largo del remolque menor de 200 metros.

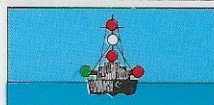


Aerodeslizador sin desplazamiento, en movimiento, menor de 50 metros.

### BUQUES CON CAPACIDAD DE MANIOBRA RESTRINGIDA



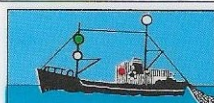
Efectuando operaciones de rastreo de minas.



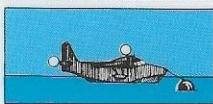
Fondeando boyas o tendiendo cables en movimiento o en faenas que le impiden desviarse de su derrota.



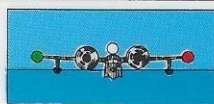
Pesquero en faena de pesca que no sea de arrastre. Aparejo extendido a más de 150 metros.



Pesquero de eslora mayor de 50 metros, arrastrando redes u otros dispositivos a través del agua.

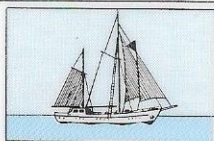


Hidroavión de más de 50 ms de largo y menos de 50 ms de envergadura, fondeado.

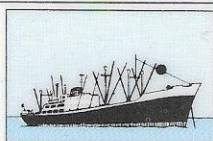


Hidroavión en movimiento en el agua.

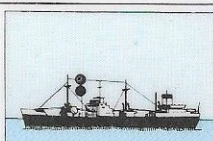
## SEÑALES DIURNAS



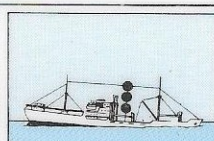
Buque que navega a vela y a motor (Cono negro).



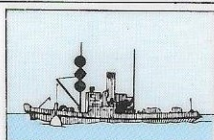
Buque fondeado (Esterá negra).



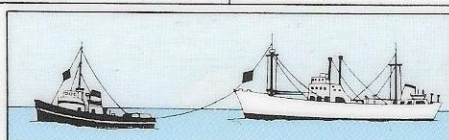
Buque sin gobierno.



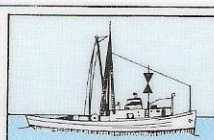
Buque varado.



Buque con capacidad de maniobra restringida, fondeando boyas o en faenas que le impiden desviarse de su derrota.



Buque remolcando a otro, con remolque mayor de 200 ms.



Buque en faena de pesca.



# RESUMEN GRAFICO DEL INTERNACIONAL PARA PREVENIR

por la Conferencia Internacional sobre la revisión del Reglamento Internacional para prevenir los

## SEÑALES ACUSTICAS EN VISIBILIDAD REDUCIDA

### SEÑALES CON PITO O SIRENA

BUQUE DE PROPULSION MECANICA EN MOVIMIENTO. (NAVEGANDO).

1 sonido largo(a intervalos no mayores de 2 minutos).

BUQUE DE PROPULSION MECANICA SIN MOVIMIENTO. (PARADO Y SIN NAVEGAR).

2 sonidos largos(a intervalos no mayores de 2 minutos).

BUQUE CON CAPACIDAD DE MANIOBRA RESTRINGIDA, BUQUES DE VELA, BUQUES EN FAENA DE PESCA, REMOLCANDO O SIN GOBIERNO O TENDIENDO CABLES O FONDEANDO BOYAS.

1 sonido largo seguido de 2 sonidos cortos(a intervalos no mayores de 2 minutos).

BUQUE REMOLCADO (O EL ULTIMO DE UNA FILA DE REMOLCADOS).

1 sonido largo seguido de 3 cortos(a intervalos no mayores de 2 minutos).

SEÑAL DE IDENTIFICACION DE EMBARCACION DE PRACTICO EN OPERACION.

4 sonidos cortos.

BUQUE FONDEADO QUE INDICA SU POSICION PARA EVITAR UN ABORDAJE.

1 sonido corto 1 largo y otro corto.



## SEÑALES CON LA CAMPANA Y CAMPANA-GONG COMBINADA

BUQUE MENOR DE 100 METROS FONDEADO.

Toques rápidos de campana de 5 segundos, a intervalos no mayores de 1 minuto.

BUQUE MAYOR DE 100 METROS FONDEADO.

Toques rápidos de campana de 5 segundos a proa, seguido de toque de gong a popa de 5 segundos, a intervalos no mayores de 1 minuto.

BUQUE VARADO.

Efectúa la misma señal de buque fondeado, más 3 golpes de campana, antes y después de la señal de buque fondeado. Podrá además emitir una señal de tipo apropiado.



## OBLIGACIONES ENTRE CATEGORIAS DE LOS BUQUES

Los buques de propulsión mecánica, en navegación, se mantendrán apartados de la derrota de:

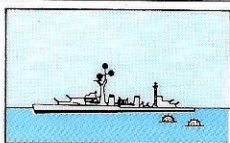
- 1).- Un buque sin gobierno.
- 2).- Un buque con capacidad de maniobra restringida.
- 3).- Un buque dedicado a la pesca.
- 4).- Un buque a la vela.

Los buques a la vela, en navegación, se mantendrán apartados de la derrota de:

- 1).- Un buque sin gobierno.
- 2).- Un buque con capacidad de maniobra restringida.
- 3).- Un buque dedicado a la pesca.

En la medida de lo posible, los buques dedicados a la pesca, en navegación, se mantendrán apartados de la derrota de:

- 1).- Un buque sin gobierno.
- 2).- Un buque con capacidad de maniobra restringida.



Buque efectuando operaciones de rastreo de minas.

## SEÑALES DE MANIOBRA Y ADVERTENCIA

CAIGO A ESTRIBOR.  
Un sonido corto de 1 segundo.



CAIGO A BABOR.  
Dos sonidos cortos de 1 segundo c/u.



DOY ATRAS A TODA FUERZA  
Tres sonidos cortos de 1 segundo c/u.



NO ESTOY SEGURO DE LO QUE UD. HACE Y LA FORMA QUE GOBIERNA; GOBIERNE UD. PARA EVITAR UNA COLISION.  
Cinco sonidos rápidos de 1 segundo c/u.



"Estas Señales de Maniobra y Advertencia pueden complementarse de noche por una, dos, tres o cinco señales luminosas, respectivamente y de la misma duración."

## BUQUES A LA VISTA EN UN PASO O CANAL ANGOSTO

PRETENDO ALCANZARLO POR SU BANDA DE ESTRIBOR.  
Dos pitazos largos seguidos de uno corto.



PRETENDO ALCANZARLO POR SU BANDA DE BABOR.  
Dos pitazos largos seguidos de dos cortos.



BUQUE ALCANZADO INDICA CONFORMIDAD Y DEBE MANIOBRAR PARA PERMITIR ADELANTEMENTO CON SEGURIDAD.  
Un pitazo largo, uno corto, uno largo y uno corto.



## SEÑALES DE PELIGRO

Un disparo de cañón o señal explosiva a intervalos de 1 minuto.

Señal de peligro del Código Internacional. (N. C.).

Bandera cuadra con una esfera negra arriba o abajo.

Llamaradas en el buque obtenidas quemando barril de aceite o alquitrán. Señales con humo color anaranjado.

Cohetes o granadas estrellas disparadas de a una, a cortos intervalos.

Un sonido continuado mediante cualquier aparato de niebla.

Señal Internacional de Peligro hecha por RT, o Radiotelefonía. (SOS o MAYDAY).

Un cohete - bengala con paracaídas o una bengala de mano que produzca una luz roja.

La señal automática de alarma radiotelefónica o radiotelegráfica.

Señales transmitidas por radiobalizas de localización de siniestros.

Un trozo de lona color naranja con un cuadro negro y un círculo u otro símbolo pertinente para identificación desde el aire.

Una marca colorante del agua.

Movimientos lentos y repetidos, subiendo y bajando los brazos extendidos lateralmente.

## CONDUCTA DE LOS BUQUES EN CONDICIONES DE VISIBILIDAD REDUCIDA

EL hecho de contar abordo con radar o cualquier otra ayuda electrónica a la navegación, no exime del cumplimiento estricto de las prescripciones del presente Reglamento Internacional y en especial las obligaciones de mantener en todo momento LA VELOCIDAD DE SEGURIDAD y el uso de las Señales Fónicas.

## BUQUES DE PROPULSION MECANICA RESTRINGIDOS POR SU CALADO

Además de las luces reglamentarias exigidas para los buques de propulsión mecánica, todo buque restringido por su calado podrá exhibir en el lugar más visible, tres luces rojas todo horizonte en línea vertical, o un cilindro.

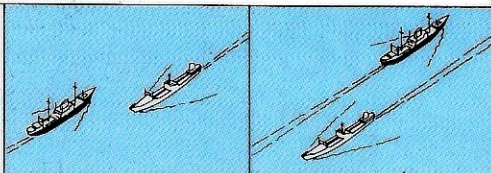
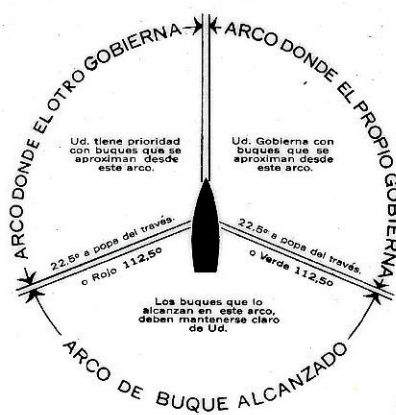


# LOS ABORDAJES

abordajes, 1972.

## REGLAS DE GOBIERNO

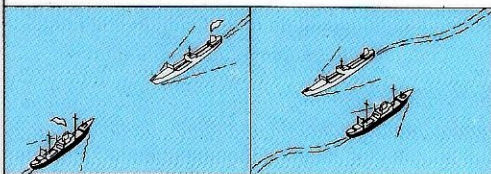
### ARCOS RELATIVOS



Dos buques que navegan de vuelta encontrada sin cruzarse, siguen gobernando a sus respectivos rumbos.

De noche:

"Si da el verde con el verde o encarnado con su igual entonces nada se pierde y sigue a rumbo cada cual."

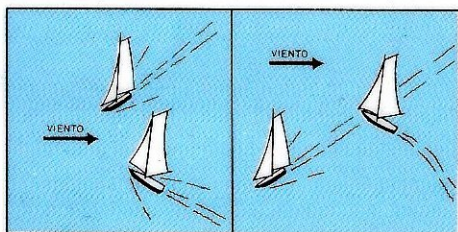


Dos buques que se encuentran directamente por la proa, caen cada uno a Estribor.

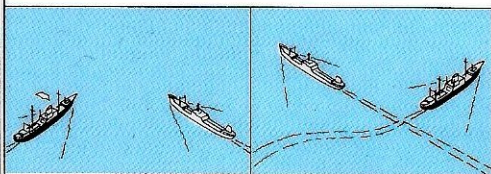
Cada uno toca un pitazo indicando: Caigo a Estribor.

De noche:

"Si ambas luces de un vapor por la proa has avistado has de caer a estribor dejando ver tu encarnado."



UN VELERO QUE RECIBE EL VIENTO POR BABOR DEBERA GOBERNAR PARA MANTENERSE CLARO DEL QUE LO RECIBE POR ESTRIBOR.

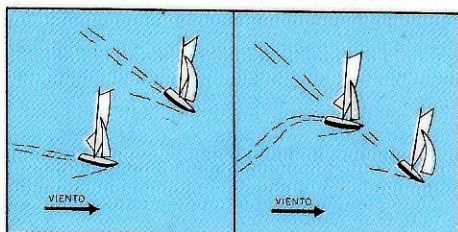


Dos buques que se cruzan, el que tiene al otro a Estribor gobierna. El buque que gobierna toca un pitazo indicando: Caigo a Estribor.

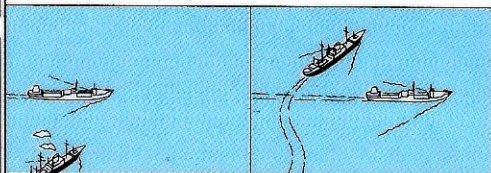
De noche:

"Si a Estribor ves colorado debes con cuidado obrar gobierna a uno u otro lado modera, para o da atrás."

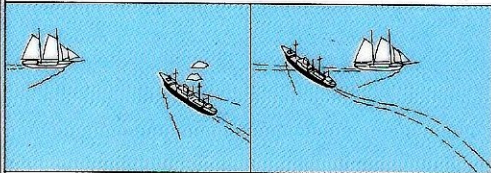
"Si acaso sobre Babor el verde se deja ver sigue adelante o avisor débese el otro mover."



CUANDO AMBOS VELEROS RECIBEN EL VIENTO POR LA MISMA BANDA, GOBIERNA EL QUE ESTÁ A BARLOVENTO SEPARÁNDOSE DE LA DERROTA DEL QUE ESTE A SOTAVENTO.



Un buque que alcanza a otro, debe gobernar para mantenerse claro. El buque que gobierna toca dos pitazos indicando: Caigo a Babor.



Un buque que cruza a un velero, gobierna el buque. El buque toca dos pitazos indicando: Caigo a Babor.



EN UN CANAL ESTRECHO, LOS BUQUES DEBEN MANTENERSE POR EL LADO DERECHO DEL MISMO.